BIODIVERSIDADE, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

VOLUME XV



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Marcos Pereira dos Santos

Biodiversidade, meio ambiente e desenvolvimento sustentável

15ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

Copyright© 2024 por Editora Conhecimento Livre

15ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Santos, Marcos Pereira dos
S237B Biodiversidade, meio ambiente e desenvolvimento sustentável
/ Marcos Pereira dos Santos. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2024

207 f.: il
DOI: 10.37423/2024.edcl1062
ISBN: 978-65-5367-603-9
Modo de acesso: World Wide Web
Incluir Bibliografia

1. agricultura 2. pecuária 3. sustentabilidade I. Santos, Marcos Pereira dos II. Título

CDU: 577

https://doi.org/10.37423/2024.edcl1062

O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

Dr. Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

Dra. Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

Dr. Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

MSc Carlos Eduardo De Oliveira Gontijo

Dr. Rodrigo Couto Santos

Dra. Milena Gaion Malosso

PHD Marcos Pereira Dos Santos

Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO
2025

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 7
AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO APROVEITAMENTO INTEGRAL DE FLORESTA ENERGÉTICA
Raphael do Couto Pereira
Camilo Pinto de Sousa
Carolina Dias Lelacher
Patrícia dos Santos Matta
Cleber Vinicius Akita Vitorio
Josimar Ribeiro de Almeida
DOI 10.37423/241209507

CAPÍTULO 2 19
O CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO NUMA PERSPECTIVA CRONOLÓGICA
Luciane Regina jacinto Smanioto
Maria Carolina de Oliveira
Beatriz Cardoso da Silva
Graziele Pereira
DOI 10.37423/241209512

CAPÍTULO 3 36
APORTE DE SEDIMENTOS NAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS DA BACIA DO RIO DO ATALHO EM CRUZ MACHADO - PR
Vanderlei Marinheski
DOI 10.37423/241209516

CAPÍTULO 4 53
OS MANGUEZAIS EM UMA CIDADE LITORÂNEA DO PARANÁ
Luciane Regina jacinto Smanioto
Maria Carolina de Oliveira
Graziele Pereira
Beatriz Cardoso da Silva
DOI 10.37423/241209517

CAPÍTULO 5 64
SUGARCANE: INTERACTIONS WITH ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI AND PLANT GROWTH-PROMOTING BACTERIA
Luiz Henrique Campos de Almeida
Paula Pinheiro Sanches de Almeida
DOI 10.37423/241209519

CAPÍTULO 6 76
AS DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE E OS SEUS IMPACTOS NA CONTEMPORANEIDADE
Ariosto Sparemberger
Tarcisio Dorn de Oliveira
Fernanda da Cunha Pereira
Taciana Paula Enderle
Daniel Claudy da Silveira
Daniel Hedlund Soares das Chagas
Giuliano Crauss Daronco
Taritza Dorn de Oliveira
Franciele Zientarski Engerroff
DOI 10.37423/241209529

CAPÍTULO 7 92
O PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO DA LAPA DO CAPÃO GRANDE, SETE LAGOAS - MG
João Paulo Fernandes de Almeida
Cleber Vinicius Akita Vitorio
Josimar Ribeiro de Almeida
Raphael do Couto Pereira'
DOI 10.37423/250109538

CAPÍTULO 8 108
USO DO GEOPROCESSAMENTO NA ESTIMATIVA DO CARBONO ESTOCADO NO ECOSSISTEMA FLORESTAL DA FAZENDA NOVA CANÃA, PORCIÚNCULA-RJ
João Paulo Fernandes de Almeida
Cleber Vinicius Akita Vitorio
Carolina Dias Lelacher
Josimar Ribeiro de Almeida
Laís Alencar de Aguiar
Oscar Rocha Barbosa
Patrícia dos Santos Matta
Raphael do Couto Pereira
DOI 10.37423/250109545

CAPÍTULO 9 134
EMPREENDEDORISMO SUSTENTÁVEL: INTEGRAÇÃO DE PRÁTICAS AMBIENTAIS E SOCIAIS NO DESENVOLVIMENTO DE NEGÓCIOS
Thiago Henrique Martins Pereira
Renata de Sousa da Silva Tolentino
Josiane da Costa Vieira Rezende
Vivian Vasconcelos de Souza
Guilherme Henrique Luiz Euzébio Pereira
Felipe Cesar Valentin Ferreira
Tulio Moreira Do Espirito Santo
Isabela Macedo Parreiras
Luciana Rodrigues Bambirra
DOI 10.37423/250109556

CAPÍTULO 10 147
DESCENTRALIZAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA UMA GESTÃO AMBIENTAL INTEGRADA: ANÁLISE DO PROGRAMA MUNICÍPIO VERDEAZUL
João Paulo Pereira Duarte
Luiz César Ribas
Frederico Yuri Hanai
DOI 10.37423/250109564

CAPÍTULO 11 162
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO EXTRATO ETANÓLICO DAS FOLHAS DE CHRYSOBALANUS ICACO
Eduardo Vinícius Silva dos Santos
Matheus Willyan Ferreira dos Santos
Juliana de Souza Henrique
Priscilla Barbosa Sales de Albuquerque
Natalie Emanuelle Ribeiro Rodrigues
DOI 10.37423/250109567

CAPÍTULO 12 166
UTILIZAÇÃO DE BENTONITA COMO CATALISADOR PARA REAÇÕES ORGÂNICAS: UMA BREVE REVISÃO
THAYNARA ROBERTA DE SOUZA
MAURICIO FERREIRA DA ROSA
VIVIANE DA SILVA LOBO
DOI 10.37423/250109578

CAPÍTULO 13 195
LA NATURALEZA DE LOS BIENES Y SERVICIOS PARA EVALUACIÓN SOCIAL DE LA VIDA
João Paulo Fernandes de Almeida
Camilo Pinto de Sousa
Josimar Ribeiro de Almeida
Laís Alencar de Aguiar
Patrícia dos Santos Matta
Raphael do Couto Pereira
Tetyana Gurova
DOI 10.37423/250109601

Capítulo 1

10.37423/241209507

AVALIAÇÃO AMBIENTAL DO APROVEITAMENTO INTEGRAL DE FLORESTA ENERGÉTICA

Raphael do Couto Pereira — *Troy University (EUA)*

Camilo Pinto de Sousa — *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ/PPGCTIA*

Carolina Dias Lelacher — *Dasi Consultoria E Engenharia*

Patrícia dos Santos Matta — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ*

Cleber Vinicius Akita Vitorio — *Instituto Espaço Templo*

Josimar Ribeiro de Almeida — *Aposentado UFRJ*

Resumo: A busca de produtividade máxima de biomassa florestal apoia-se principalmente em dois pontos: redução dos espaçamentos e diminuição dos períodos de exploração. Estes procedimentos, se logicamente promovem um significativo aumento na produção de biomassa dentro de padrões economicamente viáveis, eventualmente poderão encontrar limitações em questc5es hidrológicas e de manutenção da produtividade; fatalmente experimentarão severas implicações quanto a instabilidade ecológica, ainda não observada em tal amplitude nas florestas implantadas. Com a crescente utilização de madeira oriunda de plantações, para fins industriais e energéticos, o aspecto nutricional deltas plantações passou a ter major importância para o silvicultor. Esta preocupação resulta do conceito de floresta como recurso natural renovável e é valid° quando os princípios básicos de conservação são respeitados. A retirada de grande quantidade de fitomassa implica no empobrecimento do sitio em uma quantidade considerável de nutrientes.

Palavras-chave: recursos naturais, custo, meio ambiente.

I INTRODUÇÃO

PRODUTIVIDADE MAXIMA DE BIOMASSA FLORESTAL: FLORESTA ENERGETICA

As previsões de demanda energética no mundo, acompanhando o crescimento populacional e o desenvolvimento tecnológico, têm despertando o interesse de diversos governos, em elaborar matrizes de energia, para suprir as necessidades de consumo atual e projeções de futuro. Na área cientifica, os estudos de fitotecnia, biotecnologia e métodos de manejo ecológico vem selecionando espécies vegetais e definindo técnicas para a formação de florestas energéticas com objetivo de produção de lenha, carvão vegetal e aproveitamento de subprodutos.

As elevações nos custos dos empreendimentos florestais fazem com que as empresas busquem novas alternativas que possibilitem aumentar a produtividade, tais como redução nos espaçamentos, redução nas reservas de vegetação natural e ocupação de áreas marginam. Com estes procedimentos a estabilidade biológica das áreas reflorestadas, já debilitadas com a substituição da vegetação e simplificação do ambiente, torna-se critica e coloca em sério risco as monoculturas florestais.

A busca de produtividade máxima de biomassa florestal apóia-se principalmente em dois pontos: redução dos espaçamentos e diminuição dos períodos de exploração. Estes procedimentos, se logicamente promovem um significativo aumento na produção de biomassa dentro de padrões economicamente viáveis, eventualmente poderão encontrar limitações em questões hidrológicas e de manutenção da produtividade; fatalmente experimentarão severas implicações quanto a instabilidade ecológica, ainda não observada em tal amplitude nas florestas implantadas.

O principal fator que certamente condicionara o desequilíbrio biológico será a extrema simplificação do ambiente florestal, com o desaparecimento total do sub-bosque, motivado pelas reduções dos espaçamentos e dos períodos das rotações.

As florestas de rapid° crescimento, normalmente implantadas com poucas espécies de um ou dois gêneros, constituem-se em monoculturas extensas, onde o ambiente florestal é extremamente simplificado com a finalidade primordial de se obter a máxima produção, em uma mesma unidade de área, em um tempo relativamente curto.

O estabelecimento da monocultura elimina a competição interespecífica facilitando sensivelmente os trabalhos de implantação, manejo e exploração florestais. A Única alternativa para que ocorra alguma diversidade no ambiente surge com a emergência do sub-bosque quando ocorrem desbastes nas florestas de *Pinus* ou quando o desenvolvimento não uniforme das copas em florestas de *Eucalyptus*

permite a entrada de razoável quantidade de luz que atinge o piso da floresta. Embora o sub-bosque da floresta econômica seja normalmente considerado pelas empresas como um grande inconveniente, retardando o desenvolvimento das arvores, aumentando o risco de incêndios, dificultando as operações de manejo, o combate as formigas e a exploração, nunca pode ser esquecido que esse mesmo sub-bosque representa a limitada diversidade dos talhões homogêneos.

Algumas Florestas de *Eucalyptus,* oriundas de bancos clonais, apresentam uma uniformidade tão grande no crescimento e na forma das arvores, que o piso florestal praticamente não recebe radiação solar suficiente para permitir a emergência do sub-bosque.

Nas "florestas energéticas", com espaçamentos reduzidos a ciclos extremamente curtos, o sub-bosque não terá condições nem tempo para que se desenvolva, tendendo as florestas a uma situação monoestratificada, onde o único nível existente é o dominante. Segundo Schemnitz [1], um dos aspectos mais importantes para a conservação da fauna em floresta homogênea é a distribuição dos talhões em relação às reservas de vegetação natural. Este autor acredita que em florestas implantadas, os talhões deveriam ser dimensionados em 7 ou 8 hectares e interrompidos com vegetação nativa heterogênea.

Nos reflorestamentos brasileiros poucas foram às empresas que tiveram alguma preocupação na manutenção das reservas de vegetação natural. Na maioria das vezes, as "áreas de preservação" alocadas nos projetos constituíram-se em locais realmente inaproveitáveis para o plantio de arvores, áreas erodidas, com acentuada declividade, com solos extremamente pobres ou hidromórficos.

As reservas de vegetação natural mantidas nas regi6es que serão reflorestadas, faz com que as populações de inimigos naturais das pragas florestais, bem como outras numerosas espécies da fauna, sejam conservadas no local e possam iniciar um processo de colonização das áreas modificadas. Segundo Sexton [2], a retirada de florestas produz um mosaico de áreas reflorestadas e areas abertas. Assim, as áreas florestadas remanescentes podem ser encaradas como "ilhas". Sexton [2] enfatiza que o esquema apresentado por MacArthur e Wilson [3], sobre as comunidades em ilhas, é muito importante para o entendimento das "ilhas terrestres".

Na utilização econômica de área marginal em reflorestamentos, principalmente para fins energéticos, tem sido aventada uma alternativa viável para a ocupação de locais considerados como "não aproveitados". Esta filosofia começa a ser aplicada mesmo em reflorestamentos estabelecidos em décadas passadas, os quais não foram implantados de acordo com as técnicas agora desenvolvidas quanto ao planejamento ecologic° das reservas de vegetação natural. Acredita-se que a vegetação

natural ainda existente em grotas, veredas, pindaíbas, banhados e terrenos de declividade acentuada, deve ser mantida por constituir-se em importante unidade destinada a manutenção do equilíbrio biológico dos reflorestamentos.

Os crescentes danos causados por um número cada vez major de pragas florestais, sugerem que nas florestas implantadas torna-se mais inteligente prevenir as pragas do que tentar combatê-las. Bach [4] enfatiza que o enfoque dado pelos técnicos florestais quanto à proteção florestal deve ser eminentemente ecológico, baseando-se em métodos econ6micos e duradouros.

O manejo florestal, atualmente empregado nas florestas de rápido crescimento, freqüentemente tem causado inconveniente quanto ao controle de pragas.

A exploração da mata nativa visando o Rendimento Sustentado é objetivo dason6mico dos mais ambiciosos, tanto menos complexo em função inversa a comunidade vegetal, interpretando-a com um grupamento natural de plantas, ocupando determinada área, sem especificação de categoria.

As florestas, sob a influência das condições bio-ecológicas, apresentando sensíveis variações em suas comunidades, classificam-se ou compartimentam-se em florestas tropicais de folhosas, em florestas temperadas de folhosas e em floresta de coníferas, segundo Richards [5].

A maior extensão florestal do globo é ocupada pelas florestas tropicais, representando uma área de 50% do total. As florestas de coníferas distendem-se por uma superfície equivalente a 35% do total. Finalmente, as florestas das zonas temperadas, bem menos expressivas, representam 15%. A floresta tropical (Tropical rain Forest, Tropical hardwood floresta) em estado permanente de vegetação (evergeen Forest) caracteriza-se não só pela sua condição higrófila, como também pela vegetação arbórea sob comunidade extremamente numerosa em relação a diversificação das espécies, alem da abundancia de cipós e lianas, ao lado de epífitas herbáceas.

Com a crescente utilização de madeira oriunda de plantações, para fins industriais e energéticos, o aspecto nutricional destas plantações passou a ter maior importância para o silvicultor. Esta preocupação resulta do conceito de floresta como recurso natural renovável e é valido quando os princípios básicos de conservação são respeitados. A retirada de grande quantidade de fitomassa implica no empobrecimento do sitio em uma quantidade considerável de nutrientes.

II METODOLOGIA

2.1 APROVEITAMENTO INTEGRAL DE RESIDUOS FLORESTAIS

A composição dos elementos minerais na fitomassa florestal e variável ao longo da evolução do ecossistema florestal, sendo mais acelerado da fase juvenil ate o ponto em que a floresta atinge a maturidade. Na fase inicial de crescimento das arvores, os pesos da matéria seca dos caules e das copas são quase equivalentes; entretanto, à medida que as arvores crescem, enquanto as copas mantêm aproximadamente a mesma fitomassa, os pesos dos caules aumentam de forma exponencial.

Embora a distribuição do peso da fitomassa obedeça à ordem tronco>raiz>ramos>casca> folhas, o peso absoluto dos nutrientes contidos nestes diferentes órgãos obedece a uma ordem diferente: copa>madeira>casca. O conteúdo de nutrientes nos diversos Órgãos obedece à ordem diferente de acordo com cada nutriente: Nitrogênio — casca do tronco> casca dos ramos>folhas>madeiras> brotos; Cálcio — casca dos troncos>casca dos ramos> folhas>madeiras do tronco>brotos> madeiras dos ramos; Potássio — folhas> madeiras do tronco> madeiras dos ramos> brotos> casca do tronco>casca dos ramos.

A remoção dos resíduos poderá apresentar maior ou menor exportação de diferentes elementos, dependendo da parte que será removida; esses teores variam de acordo com a espécie cultivada.

As operações do aproveitamento de resíduos têm as seguintes etapas: (a) Catagem — juntamento das pontas e galhos em fileiras no próprio terreno, neste caso utilizando 110 homens/dias. (b) Picagem — feita por um picador móvel, acompanhado de um "Container" de 20m3 seco aparente, auto basculável a uma altura de 3,75m, o qual a tradionado por um trator agrícola com potencia acima de 75 HP na tomada de forca a 540 RPM. A alimentação do picador a feita manualmente, por quatro a cinco homens, que dão a produção media de 120m3 aparente/dia, em dois turnos de trabalho. Para produzir 2.000m 3 seco aparente, são necessários 17 picadores e 136 pessoas e (c) Transporte para a fabrica — feito através de semi-reboques com capacidade para 100m3 aparente. O carregamento do semi-reboque é feito, na beira da estrada, pelo autobasculante dos picadores. Para transportar 2.000m 3 seco dia, são utilizados onze semi-reboques e quatro cavacos mecânicos. Mão-de-obra utilizada no sistema: 1 supervisor de operação; 4 encarregados de picagem; 5 encarregados de catagem; 34 operadores de picador; 8 carreteiros; 136 homens para alimentação dos picadores; 110 homens para catagem, num total de 298 pessoas.

Todo material lenhoso com menos 5 cm de diâmetro, não aproveitável para fabricação de celulose, é utilizado como combustível. O processo para utilização é a secagem do material ate 45 dias após o corte, quando já apresenta umidade em torno de 25%; com este teor de umidade, 12,7m3 seco aparentes de cavacos, tem poder calorífico equivalente a 1 t de Óleo combustível.

Os conhecimentos técnicos para o aproveitamento da madeira queimada na abertura de novas áreas, e a utilização dos resíduos das indústrias madeireiras, podem contribuir, significativamente, para uma utilização racional da biomassa. Estes conhecimentos também são de grande utilidade — nos locais onde são construídas hidrelétricas — para use da biomassa que, certamente, fica submersa pelos lagos formado pelas represas. Nestes locais, a biomassa pode ser utilizada na geração de energia para o canteiro de obras, com economia significativa de derivados de petróleo para as empresas construtoras. Os resíduos da utilização industrial para produzir carvão e gases não-condensáveis, utilizáveis em siderurgia e na geração de eletricidade. Os poderes caloríficos médios das madeiras, dos carvões e dos gases não-condensáveis foram determinados, como sendo: madeira, 4.730 kcal/kg; carvão vegetal, 7.900 kcal/kg; e gases não-condensáveis, 1.740 kcal/m 3 . Resíduos florestais são considerados como todos os materiais resultantes da exploração comercial da madeira e que permanecem sem utilização industrial definida. Normalmente, são considerados resíduos da exploração florestal os seguintes materiais: casca, galhos, copa, árvore doente ou morta, toucas e raízes.

III RESULTADOS

Até recentemente, a maioria das atividades de exploração florestal visava apenas o produto principal: madeira para celulose, chapas, laminas e compensados, serrarias, etc; deixando os resíduos com possibilidade de conversão para energia, dispersos no local. A utilização de resíduos para produção de energia vem acompanhada da quantificação precisa dos diversos componentes envolvidos, possibilitando planejar o abastecimento e disponibilidade de matéria-prima. O conteúdo do mesmo depende das praticas e da utilização florestal. As características de pequeno peso, grande volume e grande dispersão na área florestal, viabilizaram a exploração mecanizada de resíduos florestais, de forma econômica. Sua coleta pode ser dividida em duas fases: uma fase de campo, incluindo corte da arvore, separação do resíduo, picagem, carregamento e transporte, e uma fase industrial, incluindo descarregamento, secagem do material, armazenamento e abastecimento da caldeira. Existem prensas especiais que permitem reduzir o volume de serragem e pó de serra para, aproximadamente,

10% do seu volume inicial. Podendo a serragem briquetada ser transportada facilmente para as fornalhas situadas a maiores distancia.

O poder calorífico de resíduos florestais varia de acordo com as espécies, a estrutura química e o conteúdo de umidade. Os resíduos de madeira, em geral, têm de 2.000 a 5.000 kcal/kg; são muito usados na America Latina como combustível das caldeiras geradoras de vapor, para o acionamento de turbinas e de maquinas para produção de eletricidade. A qualidade dos resíduos, para produção de energia, é influenciada pelo peso especifico pela estrutura química e pela umidade neles contidos. A umidade, além de alterar a densidade, a qual a utilizada como base para calculo do valor energético, altera, também, o valor térmico, uma vez que a produção da energia por combustão de madeira só começa depois da total vaporização da água. Tais fatores devem ser levados em consideração para qualquer planejamento e avaliação do valor energético dos resíduos a serem utilizados para geração de calor e/ou energia.

Todos os resíduos (pedaços de madeira, compensado ou aglomerado, e outras aparas e lenha) devem ser previamente triturados; caso contrário, a combustão dos resíduos não será completa e a sua eficiência será reduzida. A utilização da casca como combustível! Também deve ser considerada, principalmente em termos industriais. Seu valor como combustível! Está associado a vários fatores; contudo o custo de combustíveis alternativos pode ser considerado como o principal parâmetro. Para a sua utilização deve ser levado em consideração o poder calorífico da espécie, conteúdo de umidade da casca e o investimento necessário para a construção de fornos designados para queima da casca (que de modo geral é maior do que para óleos combustíveis e gás).

O poder calorífico da casca tem como seu valor efetivo cerca de 4.300 kcal/kg de material seco, dependendo da espécie. Este valor é a metade do correspondente ao gás natural. A casca de algumas espécies de *Pinus,* em razão de altos teores de lignina e terpenos contidos na sua composição química, possui poder calorífico maior do que sua madeira. Caldeiras com capacidade de 500.000 a 3.000.000 kcal produzem de 1.000 a 6.000 kg vapor/hora. O consumo de resíduos, nestas caldeiras, seria da ordem de 75 a 1.500 kg/hora. Teoricamente, pode-se utilizar nestas caldeiras os resíduos; entretanto, resíduos com conteúdo de umidade acima de 50%, de cinzas acima de 5% e o tamanho irregular dos cavacos acima de 20x20x5mm, aumentam os custos operacionais.

3.1 CUSTO ECOLOGICO DO USO INTEGRAL DOS RECURSOS FLORESTAIS

Malkonen, citado por Balloni [6], comparou, em plantios de *Pinus,* a remoção de nutrientes pela exploração integral de árvore e pela exploração somente de madeira com ate 6 cm de diâmetro. Verificou que a primeira técnica remove 2,5; 3,0; 2,0 e 1,5 vezes mais nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio, respectivamente que a última.

Bunn e Will, citados por Balloni [6], estudando comparativamente as quantidades de matéria seca e nutrientes exportados por diferentes intensidades de exploração, em *Pinus radiata* com 26 anos de idade, em plantio com 300 arvores/ha, chegaram a uma produção, a mais, de 25% de matéria seca; entretanto, a exportação de nutrientes, neste sistema, é superior em quase 80% a quantidade exportada apenas pelo tronco.

Weetman e Webber, citados por Balloni [6], em um povoamento de *Picea mariana* (65 anos de idade, com 6.900 arvores/ha, DAP médio de 14 cm) verificaram que o use total da arvore proporcionou 100% de acréscimo de matéria seca, quando comparado com a exploração somente do tronco. Entretanto, esse maior aproveitamento da matéria seca retirou do solo local quantidade de nutriente três vezes superior a retirada somente pelos troncos. Segundo Pogiani [7], o pequeno aumento de biomassa (cerca de 15%), que se obtêm com a utilização da arvore integral, incluindo também folhas e ramos, implica numa maior exportação de nutrientes que varia de 60 a 80%. Entretanto, a sobrevivência das arvores em solos, técnica e economicamente impossível de desenvolver atividade agrícola, esta baseada na ciclagem dos nutrientes no ecossistema florestal, tanto bioquímica como biogeoquímica.

Na ciclagem biogeoquímica, as folhas, os ramos, as flores, os frutos e a casca que caem, após se decomporem, liberam os nutrientes que são utilizados para crescimento da própria floresta. Através da bioquímica (ciclagem interna), a maioria dos nutrientes, com exceção do cálcio, a transportada dos tecidos velhos, e fotossinteticamente inativos, para os tecidos jovens e com grande atividade de crescimento.

A fitomassa da copa (folhas e galhos), apesar de representar uma pequena parcela da fitomassa total da arvore, contém uma elevada concentração de elementos químicos o que torna sua exploração bastante criticável e com series implicações para manutenção do equilíbrio nutricional e da produtividade do sitio. Em florestas de ciclo curto, o que é considerado "resíduo florestal" é, na verdade, um conjunto de materiais de grande valor biológico que deveria ser deixado sobre o solo e, na medida do possível, apenas a fitomassa do fuste deveria ser exportado da floresta, Poggiani [7].

Diversos autores questionaram a conveniência de se utilizarem rotações demasiado curtas para produção de biomassa, face a elevada exploração de nutrientes, cuja reposição, via adubação, acarretaria em elevado custo. As florestas para fins energéticos, para serem competitivas com as culturas agrícolas, devem ocupar área de baixa fertilidade. Por isso, deve-se tomar cuidado com a excessiva exportação de nutrientes, o que implicaria na aplicação de quantidades cada vez maiores de fertilizantes para manter a produtividade e em sensível aumento de custos. Ecologicamente, o ideal seria que as florestas fossem manejadas de forma que as retiradas de fitomassa não sobrepujassem a capacidade natural do sitio em fornecer nutrientes.

Segundo Poggiani [7], a viabilidade econômica do sistema de utilização dos resíduos — que precisam ser recolhidos, picados, adensados e transportados — dependera de cada situação especifica: como a quantidade de resíduos, a facilidade de transporte, a utilização e industrialização. Cabe ao responsável pelo empreendimento avaliar devidamente os custos, os prejuízos ou os benefícios da utilização da arvore inteira, em regime de mini rotação. Por exemplo, para uma produção diária, a partir da utilização total das pontas e galhos, de 2.000m3 seco aparente de cavaco, produzido através da madeira utilizada no abastecimento da fabrica equivale a 157t/dia de petróleo, ou seja, o equivalente a cerca de 1.000 barris/dia.

Deve-se considerar também, que as sucessivas e freqüentes intervenções na floresta (exploração, preparo do solo e tratos culturais) representam sérios prejuízos em termos de erosão, destruição dos húmus, lixiviação e compactação. Tais intervenções aceleram o depauperamento do solo, provocando alterações nas suas características físicas e químicas mais importantes.

As florestas de ciclo curto são válidas, desde que o solo tenha as características adequadas para suportar, sem danos, um manejo mais intensivo, e sejam tomadas as devidas precauções para garantir a qualidade do sitio.

IV CONCLUSÃO

O sistema de use integral da floresta constitui-se num empreendimento complexo que envolve decis6es técnicas altamente especializadas. O desenvolvimento de tecnologias apropriadas para o aproveitamento de resíduos florestais, visando à produção de energia, tornar o sistema tecnicamente viável. Entretanto, o aspecto econômico da utilização dependera de fatores diversos como custo de coleta, de picagem e de transporte do material para o local de utilização. Deve-se, também, olhar com

cuidado o aspecto da ciclagem de nutrientes, para que o nível de utilização não exceda os limites toleráveis pelo solo, a fim de se evitar elevadas despesas com adubação.

V REFERÊNCIAS

SCHEMNITZ, S. D. The effects of Forest management practices on wildlife in Eastern United States. In: IUFRO WORLD CONGRESS, 16, Oslo, 1976. Proceedings, Oslo, 1976. p. 700-30.

SEXTON, 0. J. Animal populations, in: UNESCO/UNEP/FAO — Tropical ecosystems. Paris, 1978.p. 161-78.

MacARTHUR, R. H. & WILSON, E. O. The teory of island biogeography. Princeton University Press, 1967.203p.

BACH, R. E. The approach to biological contol in forest entomology. Canadian entomologist, 92:267-310,1960.

RICHARDS, P. W. 1952 The tropical rain forest. 515p. University. Press. London.

BALLONI, E. A. O use intensivo da floresta e seu reflexo na fertilidade do solo. UFV — Sociedade de Investigações Florestais. Boletim Técnico, número especial, vol. 2, 83-93. Viçosa (MG). 1979.

POGGIANI, F. Ciclagem de nutrientes e manutenção da produtividade da floresta plantada. Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais — CETEC. Belo Horizonte — Serie Publicações Técnicas, numero 4. 1981.

Capítulo 2

10.37423/241209512

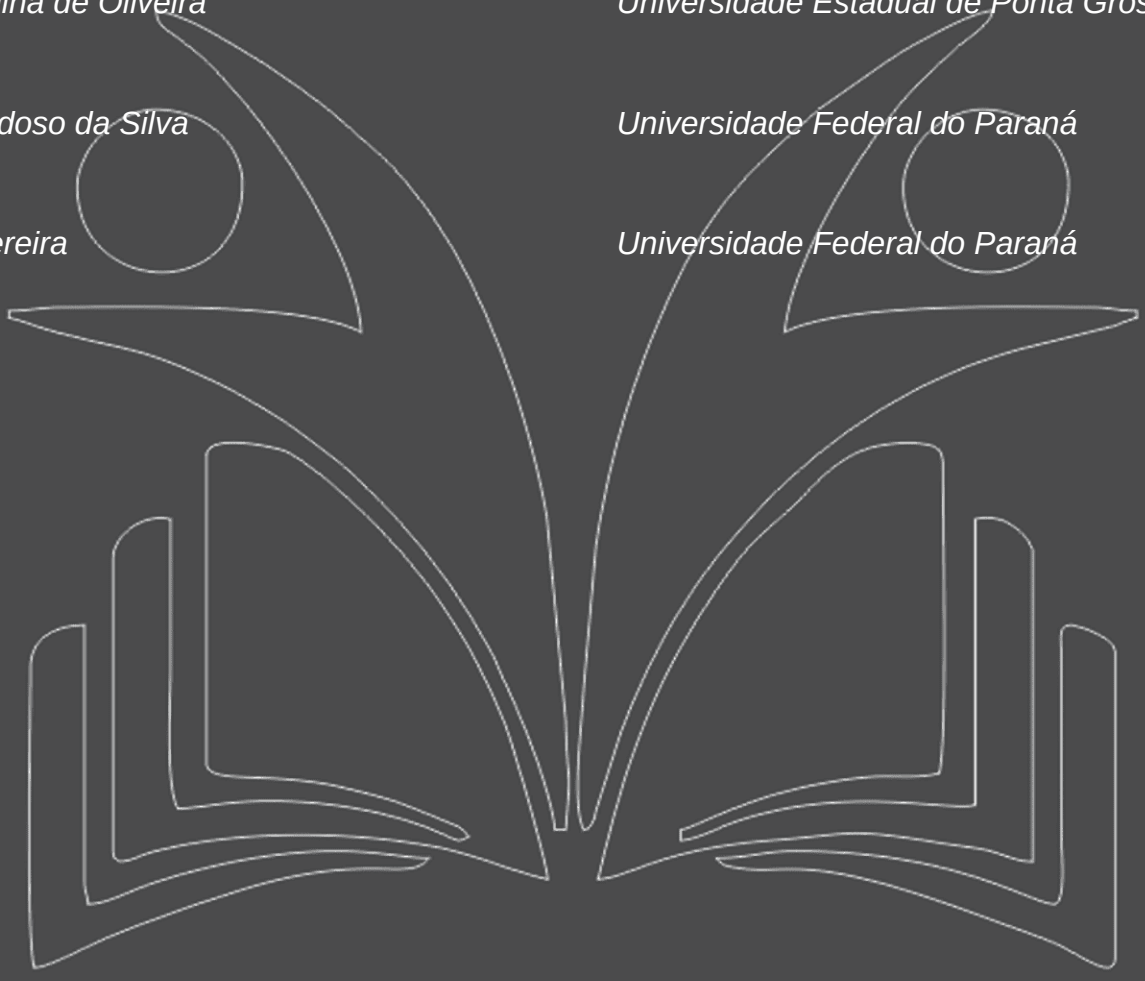
O CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO NUMA PERSPECTIVA CRONOLÓGICA

Luciane Regina jacinto Smanioto — *Universidade Federal do Paraná*

Maria Carolina de Oliveira — *Universidade Estadual de Ponta Grossa*

Beatriz Cardoso da Silva — *Universidade Federal do Paraná*

Graziele Pereira — *Universidade Federal do Paraná*



Resumo: A reserva legal desempenha um papel crucial na promoção da função socioambiental das propriedades agrárias, conferindo-lhes uma densidade normativa significativa. Desde a promulgação do Código Florestal Brasileiro de 1965, uma série de outras legislações ambientais emergiram, introduzindo modificações no código, notavelmente no que diz respeito ao conceito e às porcentagens de reserva legal exigidas, variando de acordo com as características das propriedades e suas localizações geográficas. Este estudo tem como objetivo geral analisar as demandas estabelecidas pela legislação vigente, delineando as práticas adequadas para estabelecer, manejar e recuperar Áreas de Preservação Permanente (APPs), Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e reserva legal. Para atingir esse objetivo, os objetivos específicos deste trabalho incluem uma investigação detalhada do Código Florestal brasileiro, com uma análise crítica da Lei 12.651/12, bem como uma explanação abrangente sobre as particularidades das Áreas de Preservação Permanente.Durante a pesquisa, foi constatado que a legislação ambiental brasileira, particularmente o Código Florestal de 1965 e a Lei 12.651/12, estabelece diretrizes claras para a criação, manutenção e recuperação das Áreas de Preservação Permanente (APPs), Áreas de Proteção Ambiental (APAs) e reserva legal. Foram identificadas as porcentagens mínimas de reserva legal exigidas de acordo com as características das propriedades e sua localização geográfica, conforme estabelecido na legislação.

Palavras chaves: reserva legal; manejo de reservas; meio ambiente.

1. INTRODUÇÃO

O meio ambiente desde os primórdios da humanidade vem sendo explorado de forma indiscriminada pelo homem com o objetivo de satisfazer suas necessidades bem como de atender seus anseios de riqueza. A partir dos movimentos promovidos pelos ambientalistas, foi possível fazer com que a sociedade em geral tomasse conhecimento das consequências graves que a humanidade terá em longo prazo. Através dessa conscientização o povo passou a ser vigilante, passando a cobrar das autoridades medidas urgentes, voltadas para a ética, adoção de medidas econômica, política e social.

Em 1965, a Lei Federal 4.771 foi editada revogando o Decreto Federal nº 23.793/1934. Essa nova Lei citava normas referentes à preservação do meio ambiente em propriedades privadas que determinava que o proprietário rural devesse destinar parte das suas terras para a vegetação natural e que em caso do não cumprimento, estes eram obrigados a recompor as áreas desmatadas. Passou-se então a considerar a diversidade ecológica existente no Brasil, criando as reservas legais e as áreas de preservação permanente.

Após a criação do Código Florestal Brasileiro de 1965, surgiram outros diplomas legais referentes aos temas ambientais, os quais trouxeram algumas alterações no código, como por exemplo, o conceito de reserva legal, definindo porcentagens para manutenção de reserva legal de acordo com as propriedades e localização da área.

A Reserva Legal é uma área situada no interior de uma propriedade ou posse rural, destinada a fins econômicos e/ou de sustento próprio desde que respeitado os limites da Área de Preservação Permanente (APP) conforme determina o Novo Código Florestal. Nesta área devem ser assegurados meios sustentáveis de preservação do meio ambiente para fins de conservação e reabilitação dos processos ecológicos, manutenção da biodiversidade para que a fauna e flora nativas possam ter condições de sobrevida.

Sabe-se que muito tem sido feito para a manutenção e preservação dos recursos naturais. Porém é notório que devido às dimensões continentais do Brasil e a deficiência de recursos humanos e tecnológicos, o descumprimento às leis de preservação do meio ambiente ainda é noticiado. Diante dessa problemática pergunta-se: Quais as exigências ambientais com base na legislação vigente que indica as formas adequadas de implantação, manejo e recuperação das APAS, APPs e reserva legal?

Para que os objetivos desse trabalho fossem alcançados, foi utilizada como metodologia, pesquisa bibliográfica, pautada em livros, revistas, sites, artigos, entre outros. Assim, de posse do referencial

bibliográfico, procedeu-se a leitura seletiva de capítulos, artigos, textos que contribuiriam com esta investigação. Houve uma primeira aproximação com o material, mas outras se procederam em momentos distintos na tentativa de explicar alguma informação não compreendida ou se realizar comparações entre autores. Em seguida, nova exploração dos textos foi realizada, mas em uma perspectiva mais crítica, analítica. Buscou-se compreender o que os autores tratavam e a razão de defenderem suas ideias. Finalmente, em uma leitura interpretativa, relacionou-se o conteúdo das fontes bibliográficas.

A justificativa desse estudo repousa no fato de que a Reserva Legal por ser uma área situada no interior de uma propriedade ou posse rural, destina-se a fins econômicos e/ou de sustento próprio desde que respeitado os limites da Área de Preservação Permanente (APP) conforme determina o Novo Código Florestal. Entende-se, portanto, que a instauração e conservação da Reserva Legal garantem a manutenção dos recursos naturais e consequentemente a preservação da biodiversidade.

Para tanto, o proprietário ou posseiro devem cumprir o que determina a legislação para se possa ter um desenvolvimento econômico, social e melhor qualidade. As Áreas de Preservação Permanente – APPs não necessitam de um ato executivo do poder público para surtir efeitos, tendo como objetivo principal contribuir para o equilíbrio do meio ambiente.

Deste modo, a relevância deste estudo se dá em virtude da importância da Reserva Legal para o meio ambiente sendo resumida em seu conceito lhes ser assegurados meios sustentáveis de preservação, para fins de conservação e reabilitação dos processos ecológicos, manutenção da biodiversidade para que a fauna e flora nativas possam ter condições de sobrevida. Este estudo tem como objetivo geral analisar as exigências com base na legislação vigente que indica as formas adequadas de implantação, manejo e recuperação das APAS, APPs e reserva legal. Como objetivos específicos este trabalho se baseia em: averiguar o Código Florestal brasileiro, fazendo-se uma análise da Lei 12.651/12; discorrer sobre as áreas de Preservação Permanente.

1. METODOLOGIA

Para conduzir esta revisão bibliográfica qualitativa, foram adotadas uma série de etapas metodológicas. Inicialmente, foram identificados os locais de busca, os quais incluíram bibliotecas digitais de universidades e instituições de pesquisa, como SciELO e Portal de Periódicos CAPES, além de bases de dados acadêmicas, como Web of Science, Scopus e Google Scholar. Também foram explorados sites de órgãos governamentais relacionados ao meio ambiente, como o IBAMA e o

Ministério do Meio Ambiente (MMA), e revistas especializadas em direito ambiental, agronomia e ciências ambientais.

Em seguida, se selecionou palavras-chave relevantes, como "reserva legal", "manejo de reservas" e "meio ambiente", além de termos específicos como "Código Florestal Brasileiro" e "Lei 12.651/12". Através dessas palavras-chave, buscou-se problematizar questões como a compreensão da legislação ambiental, a necessidade de estabelecer práticas adequadas para as áreas em questão e as variações das exigências legais de reserva legal de acordo com as características das propriedades e sua localização geográfica.

Para a estratégia de busca, foram adotados os descritores mencionados em combinações diversas, visando abranger diferentes aspectos do tema em cada um dos locais identificados. Após a realização das buscas, analisamos os títulos, resumos e palavras-chave dos artigos encontrados para selecionar aqueles mais relevantes para a pesquisa. Por fim, foi realizada uma leitura cuidadosa dos artigos selecionados para extrair informações pertinentes à análise das demandas estabelecidas pela legislação vigente e práticas adequadas para as áreas de interesse.

Essa metodologia permitiu uma abordagem abrangente e criteriosa da literatura disponível sobre o tema, contribuindo significativamente para a compreensão das exigências legais relacionadas à reserva legal e às áreas de preservação permanente, bem como para a identificação de práticas adequadas para sua implantação, manejo e recuperação.

1. O MEIO AMBIENTE E A CRISE AMBIENTAL

A percepção pelos Estados e sociedades dos problemas ambientais levou a que começassem a discutir meios de redução, gestão e controle desses riscos, resultando na inclusão do bem ambiental nas constituições, o que foi seguido pela Constituição Federal brasileira de 1988, que impõe deveres de proteção do meio ambiente e dever de controle e gestão de riscos.

Neste contexto, o presente capítulo visa abordar a compreensão da crise ecológica e o despertar de uma consciência ambientalista global.

1.1 CRISE ECOLÓGICA

Atualmente, verificam-se, em todo o mundo, diversos indicadores que denotam um crescimento exponencial das agressões ao meio ambiente e a ameaça crescente de uma ruptura do equilíbrio ecológico, configurando um quadro catastrófico que coloca em questão a própria sobrevivência

humana. A pressão sobre os recursos naturais e as matérias primas é preocupante, pois o bem-estar econômico e a qualidade de vida das nossas sociedades se assentam na exploração destes mesmos recursos e matérias-primas advindas do meio ambiente.

A crise ecológica que assola o planeta é, essencialmente, a crise da relação que o humano estabelece com o natural, incluindo as demais formas de vida e os processos ecológicos, impondo, assim, uma nova ética, uma nova forma de pensar e de agir, baseados na sustentabilidade, uma mudança de valores e da forma como o homem entende a si próprio e como estabelece seu conhecimento sobre si e sobre o mundo.

> Estamos finalmente em um sistema-mundo em que tudo é mercadoria, em que se produz loucamente para consumir mais loucamente, e se consome loucamente para se produzir ainda mais loucamente. Produz-se por dinheiro, especula-se por dinheiro, faz-se guerra por dinheiro, corrompe-se por dinheiro, organiza-se toda a vida social por dinheiro, só se pensa em dinheiro. Cultua-se o dinheiro, o verdadeiro deus da nossa época – um deus indiferente aos homens, inimigo da arte, da cultura da solidariedade da ética, da vida, do espírito, do amor. Um deus que se tornou imensamente mediocrizante e destrutivo. E que é incansável, pois a acumulação de riqueza abstrata é, por definição, um processo sem limites. (BENJAMIN, 2009).

A citação de Benjamin(2009) reflete sobre as relações existentes na crise ambiental, visto que a natureza não está fora da lógica onde “tudo se transforma em mercadoria” e onde, de acordo com Kurtz (2002) e LEFF (2004), há uma “privatização da natureza”, pois tudo é reduzível a um valor representado nos códigos do capital e os potenciais da natureza adotam a forma de “capital natural”.

Para Kurtz (2002), a economia moderna é totalitária, pois tem uma pretensão total sobre o mundo natural e social, e como sua lógica consiste única e exclusivamente na valorização permanente do dinheiro, ela tem de odiar tudo o que não assume a forma de um preço monetário, assim, não deve haver nada mais debaixo do céu que seja gratuito e exista por natureza.

Para a análise da questão ambiental tem-se que o princípio do desenvolvimento sustentável determina que os recursos naturais devam ser utilizados “buscando às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades” sendo, para isso, necessário um equilíbrio entre as dimensões econômica, social e ambiental do desenvolvimento.

No intuito de minimizar os efeitos nefastos ao meio ambiente, sob pena de comprometer a vida em nosso planeta, têm-se desenvolvido uma consciência ecológica para frear esses abusos, envolvendo os diversos atores como estados, organizações internacionais, organizações não governamentais, indivíduo. Ainda assim, têm sido evidenciados sinais de crise em relação ao ambiente (GUERRA, 2006)

1.2 O DESPERTAR GLOBAL DA CONSCIÊNCIA AMBIENTALISTA

Somente quando a crise ambiental estava instaurada é que começou a perceber-se que o novo modelo de produção e consumo seria insustentável ao longo das décadas seguintes. Neste período se denotava claramente a presença de conseqüências da ação indiscriminada e pouco zelosa do homem na natureza. A tomada de consciência sobre a importância do crescimento demográfico e do aumento do consumo mundial como fatores de relevo no processo de desequilíbrio do meio ambiente e na ameaça da própria vida humana, impulsionou a Organização das Nações Unidas (ONU) a realizar, em junho de 1972, em Estocolmo, na Suécia, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano.

A Conferência de Estocolmo foi o primeiro encontro mundial sobre a questão ambiental, realizada com o intuito de discutir e propor soluções viáveis aos principais problemas ambientais, relacionando-os com as questões socioeconômicas. Contou com a participação de 113 países e 250 organizações não-governamentais e organismos da ONU, e teve como principais resultados a criação do *Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente* (PNUMA) e a Declaração sobre o Meio Ambiente Humano, que contém 26 princípios referentes a comportamentos e responsabilidades, com metas específicas sobre questões relativas ao meio ambiente (TRENNEPOHL, 2011).

Ficou claro que o acúmulo de riquezas em mãos de alguns, trouxe a contrapartida: o aumento da população carente, que vem acompanhada dos problemas conseqüentes, como a subnutrição, analfabetismo e outros males, o que pode ser constatado através de mera observação. Tal entendimento foi reforçado com a edição da Carta da Terra, um compromisso assumido pelas autoridades mundiais que participaram da Conferência RIO+5 realizada no Rio de Janeiro, com o objetivo de apurar o que foi realizado após a ECO-92, obtendo resultado pouco alentador. Tal como os acordos e tratados inicialmente referidos, é um compromisso firmado pelos participantes da

ECO+5. Condena as desigualdades e a pobreza, trazendo 18 princípios para salvar a Mãe Terra, por ser o planeta um lar onde vive a grande família humana, dividindo-o com outros seres vivos.

A RIO+5 enfatizou o quanto a sociedade mundial está longe de alcançar o padrão de desenvolvimento econômico alicerçado na dimensão socioambiental, base do desenvolvimento sustentável. Mas estes acordos refletem uma evolução de atitudes e surgimento de novos conceitos nas implicações políticas para a solução de conflitos econômicos resultantes da globalização dos problemas sociais, sem ignorar a lentidão dos processos de transformação social. O direito à proteção do meio ambiente é um direito humano fundamental emergente, considerado pela Corte Internacional de Justiça como interesses da comunidade global, baseada nos Direitos Humanos dos povos - não limitada aos direitos de seus (próprios) nacionais (TRINDADE, 1993).

Há dúvidas para estabelecer quais podem ser os mecanismos do desenvolvimento sustentável e os seus sujeitos, ou seja, os atores coletivos que os implementarão. São questões objetivas que devem responder a indagação acerca da compatibilização da sustentabilidade com o modo atual de produção capitalista.

2 CÓDIGO FLORESTAL BRASILEIRO

2.1 O PROCESSO DA POLÍTICA FLORESTAL NACIONAL (PFN)

O Brasil é o segundo país do mundo, com sua extensão territorial coberta por florestas nativas, com mais de 519 milhões de hectares, perdendo apenas pela Rússia. Cerca de 62% do território brasileiro ainda é naturalmente coberto de florestas. A biodiversidade brasileira, intimamente associada às suas florestas, é uma das maiores do planeta. Toda essa riqueza é responsável por fornecer serviços ambientais importantes.

Esta seção contém uma breve cronologia do processo PFN, desde os primeiros estágios até os últimos desenvolvimentos. Os mecanismos, procedimentos e estruturas desenvolvidos para promover a implementação do PFN, bem como os principais problemas que retardam o seu progresso, são detalhados. Feche a seção, uma visão geral das ações e atividades futuras.

2.1.1 Linha do tempo do processo PFN

Década de 60:

• Código Florestal (Lei N ° 4.771 / 65), que estabelece as diretrizes básicas da política florestal.

• Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF, que é uma das entidades que posteriormente forma o IBAMA

Década de 70:

• Escolas de Engenharia Florestal

•Incentivo Fiscal (Fundos de Investimento Setorial - FISET / Reflorestamento), o antigo IBDF, estabeleceu esse incentivo para o reflorestamento, o que resultou no plantio de cerca de 6 milhões de ha de espécies industriais

• Secretaria Especial de Meio Ambiente - SEMA (1973), seu objetivo era discutir a questão ambiental, juntamente com a opinião pública, conscientizando as pessoas sobre o meio ambiente, evitando atitudes predatórias. No entanto, a SEMA não tinha o poder de supervisão necessário para atuar em defesa do meio ambiente. Em 1989, essa organização tornou-se parte do IBAMA atual.

Década de 80:

• Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA (1989), foi formado pela incorporação de quatro entidades relacionadas à questão ambiental: Secretaria do Meio Ambiente - SEMA; Superintendência de borracha - SUDHEVEA; Superintendência de Pescas - SUDEPE, e o Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF.

• Ministério do Meio Ambiente - MMA (1992), Ministério do Meio Ambiente da Presidência da República - SEMAM / PR, para ser Ministério do Meio Ambiente - MMA.

• Constituição Federal (1998), cujo Capítulo 225 é dedicado a questões ambientais, e os artigos 24 e 175 tratam da gestão dos recursos florestais.

Década de 90:

• Secretaria de Biodiversidade e Florestas - SBF (1999), em reconhecimento da importância do setor florestal brasileiro na estrutura organizacional de administração direta do governo federal, o SBF é criado, dependente do MMA.

• Diretriz do Programa Florestal Nacional - DIFLOR, está inserida na estrutura do SBF, e sua função é fornecer instrumentos e padrões ambientais; promover, coordenar e integrar ações que garantam o uso sustentável dos recursos florestais; promover reflorestamento e recuperação de áreas perturbadas; e incentivar medidas que garantam a prevenção e controle de incêndios florestais e incêndios.

Década de 2000:

• Criação do Programa Nacional de Florestas - PNF (2000)

Neste quadro institucional, foi criado o Programa Nacional de Florestas, através do Decreto nº 3420, de 20 de abril de 2000. Este decreto prevê que a formulação e definição de escopo, objetivos, prioridades, recursos e mecanismos institucionais e comunitários de PNF eles devem ser conduzidos de forma participativa, acolhendo os pontos de vista da sociedade brasileira.

O Programa Nacional de Florestas foi elaborado a partir de um amplo processo de consulta participativa, que contou com a participação de atores de mais de 600 organizações de diversos setores e segmentos da sociedade. Ele foi criado com o objetivo principal de "promover o desenvolvimento florestal sustentável, conciliando o uso de recursos para a proteção dos ecossistemas e reconcilia política florestal com outros setores, de modo a promover a expansão de mercados e desenvolvimento nacionais e estrangeiros sector institucional. "

As linhas temáticas que definiram os objetivos específicos deste PNF são: expansão da base florestal plantada; expansão e consolidação da gestão de florestas nativas em áreas públicas e privadas; monitorização e controlo; populações tradicionais e indígenas; educação, ciência e tecnologia florestal; serviços ambientais das florestas; fortalecimento institucional e extensão florestal; modernização da indústria de base florestal; mercado e comércio de produtos florestais.

2.1.2 RENOVAÇÃO DO PNF

É relançado o Programa Florestal Nacional (PNF) em 2004, dando-lhe um importante impulso através do apoio político ao nível presidencial. Além disso, o PNF é expandido para mais de 30 novos atores da sociedade civil brasileira, envolvendo, assim, vários setores do governo e da sociedade, representados na Comissão Coordenadora do Programa Nacional de Silvicultura (CONAFLOR).

O Ministério do Meio Ambiente elaborou um plano de metas para o Programa Nacional de Silvicultura (PNF), para o período 2004-2007, que contém os instrumentos fundamentais para o desenvolvimento sustentável do setor florestal brasileiro, as seguintes são as ações estratégicas deste plano:

- Expansão da base florestal plantada e recuperação de áreas degradadas
- Plantação de 800 mil ha em propriedades pequenas e médias.
- Plantação de 1,2 milhões de hectares, através de programas de negócios sustentáveis
- Recuperação de 200 mil há de áreas degradadas.
- Expansão da área florestal gerenciada associada à proteção de áreas com alto valor ecológico
- Incluir 15 milhões de ha de florestas naturais para produção sustentável, para abastecer 30% da demanda da indústria nacional.
- Assegurar que um terço da produção florestal sustentável se origina em florestas sociais, com produção familiar, comunitária ou extrativista.
- Garantir a proteção de dois milhões de hectares com alto valor ecológico, juntamente com as áreas destinadas ao manejo florestal.
- Criação da Comissão Coordenadora do Programa Florestal Nacional - CONAFLOR (2004)

O CONAFLOR foi estabelecido através do Decreto Presidencial nº 4864/2003 e tem como objetivo propor e avaliar medidas para cumprir os princípios e diretrizes das políticas públicas do Setor Florestal, de acordo com a Política Nacional de Meio Ambiente e com o Código Florestal. A Comissão também deve sugerir projetos, pesquisas e estudos sobre manejo florestal e plantação, como atividades de treinamento de recursos humanos, fortalecimento institucional e conscientização pública.

A Comissão é formada por representantes do Governo Federal e dos Estados, comunidade científica, trabalhadores, movimentos sociais, organizações não governamentais e setores empresariais.

2.2 CÓDIGO FLORESTAL (LEI N ° 4.771 / 65) E SUAS MUDANÇAS

O Código Florestal Brasileiro, criado pela Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965, tem como objetivo principal regular o uso do solo e a preservação do meio ambiente no Brasil, com ênfase na proteção das florestas e outros recursos naturais. Essa lei foi um reflexo do crescimento das preocupações ambientais no país, especialmente após a década de 1930, que marcou uma série de transformações no cenário social e econômico do Brasil.

No contexto histórico, a revolução de 1930 representou uma grande mudança na estrutura política e econômica do Brasil. Com a ascensão de Getúlio Vargas ao poder, o país experimentou um processo

de modernização, com crescente industrialização e urbanização, especialmente na região Sudeste, que passou a se tornar um polo econômico de relevância. Com isso, a oligarquia rural, que dominava a política e a economia do país, começou a ser desafiada (Cunha, Coelho, 2003).

Esse processo de transformação também impactou a questão ambiental, especialmente com o aumento do consumo de lenha e carvão vegetal. No período, esses combustíveis eram fundamentais para a indústria e os centros urbanos, mas, à medida que a urbanização se expandia, a extração de madeira para esses fins passou a ser mais difícil e cara, uma vez que as florestas estavam cada vez mais distantes dos centros urbanos (Simioni, 2015).

Além disso, a substituição das antigas lavouras de cana-de-açúcar por plantações de café foi um fenômeno importante, pois o café passou a ser o principal produto agrícola do país e, consequentemente, o uso do solo para a sua produção teve um grande impacto sobre a vegetação nativa. A busca por terras para cultivo de café levou a desmatamentos e a modificações nos ecossistemas, o que, por sua vez, impulsionou a necessidade de regulamentação da utilização dos recursos naturais.

Em resposta a essas questões, o Código Florestal de 1965 foi criado com o intuito de regular a exploração das florestas, protegendo áreas de preservação permanente e estabelecendo regras para o uso das áreas rurais. A lei visava garantir a conservação do solo e dos recursos hídricos, determinando a preservação das matas ciliares, áreas de nascentes e margens de rios, além de impor limites para o desmatamento nas propriedades rurais.

Entretanto, ao longo dos anos, o Código Florestal sofreu diversas mudanças, com o objetivo de equilibrar a preservação ambiental com as necessidades de desenvolvimento econômico, especialmente no setor agrícola. Em 2012, a Lei nº 12.651 foi sancionada, trazendo importantes alterações na legislação, como a redução das áreas de preservação permanente em determinadas regiões e a criação de um sistema de compensação ambiental. Essas mudanças geraram intensos debates entre ambientalistas, produtores rurais e o governo, refletindo a complexidade do equilíbrio entre preservação e produção no Brasil.

Essas transformações e a evolução do Código Florestal evidenciam a constante negociação entre desenvolvimento econômico e sustentabilidade ambiental, sendo um dos maiores desafios da política brasileira ao longo das últimas décadas.

Por exemplo, a Reserva Legal é uma área específica dentro de uma propriedade rural que deve ser mantida com vegetação nativa, conforme estabelece o Código Florestal. O artigo 12 da legislação determina que todas as propriedades rurais devem preservar uma parte da terra com cobertura vegetal nativa, considerando a obrigatoriedade de respeitar as normas sobre Áreas de Preservação Permanente (APPs). As porcentagens mínimas de Reserva Legal variam conforme a localização da propriedade, com exceção das situações previstas no artigo 68 da mesma lei.

Para propriedades situadas na Amazônia Legal, as porcentagens mínimas são 80% (oitenta por cento) em áreas florestais, 35% (trinta e cinco por cento) em áreas de cerrado, e 20% (vinte por cento) em áreas de campo. Já nas demais regiões do país, a porcentagem mínima de Reserva Legal é de 20% (vinte por cento).

Uma mudança relevante em relação à Reserva Legal é a possibilidade de contar as Áreas de Preservação Permanente (APPs) como parte da Reserva Legal. Essa possibilidade pode ser útil para a regularização das propriedades rurais, mas está sujeita a algumas condições. A contagem da APP não pode resultar na conversão de novas áreas para uso alternativo do solo, a área considerada para a Reserva Legal deve estar conservada ou em processo de recuperação, e o proprietário ou possuidor da terra precisa ter solicitado a inclusão da propriedade no Cadastro Ambiental Rural (CAR).

Além disso, a Reserva Legal continua sendo passível de exploração controlada, desde que seja respeitado o manejo sustentável. A averbação da Reserva Legal no Cartório de Registro de Imóveis não será mais obrigatória, desde que o imóvel esteja declarado e registrado no CAR.

Sobre as APAs, As Áreas de Proteção Ambiental (APAs), instituídas pela Lei nº 6902/81 (BRASIL, 1981a), são classificadas como Unidades de Conservação (UCs) de uso sustentável, conforme estabelecido pela Lei nº 9985/00. Elas podem ser de domínio público ou privado, e, independentemente disso, impõem normas e restrições sobre o uso das propriedades localizadas dentro de seus limites. A Resolução nº 10, de 12/14/88, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), publicada no Diário Oficial em 11/08/89, tem como objetivo regular a criação e a gestão das Áreas de Proteção Ambiental.

As Áreas de Proteção Ambiental são unidades de conservação criadas para preservar a qualidade ambiental e os sistemas naturais, com o intuito de melhorar a qualidade de vida das populações locais e proteger os ecossistemas regionais. Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) (BRASIL, 2000), uma APA é uma área geralmente extensa, com algum grau de ocupação humana, que possui características abióticas, bióticas, estéticas ou culturais relevantes para o bem-estar das populações humanas. O principal objetivo das APAs é proteger a diversidade biológica,

regular o processo de ocupação e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais. As APAs podem ser formadas por terras públicas ou privadas, e visam garantir tanto o bem-estar das populações locais quanto a preservação do patrimônio natural e histórico-cultural. Essas Unidades de Conservação procuram equilibrar a conservação dos ecossistemas com a ocupação humana, respeitando os princípios constitucionais que asseguram o direito à propriedade privada.

O § 3º do SNUC(Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza) estabelece que as condições para a realização de pesquisas científicas e visitação pública em áreas sob domínio público devem ser definidas pelo órgão gestor da unidade. Já no caso das áreas privadas, o § 4º determina que cabe ao proprietário estabelecer as condições para a pesquisa e visitação pública, sempre respeitando as exigências e restrições legais estabelecidas (Brasil, 2000).

CONCLUSÃO

A legislação ambiental brasileira, especialmente o Código Florestal e o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), permitem a conservação dos recursos naturais do país. As Áreas de Preservação Permanente (APPs) e as Áreas de Proteção Ambiental (APAs) são institutos fundamentais para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ambientais, como a proteção dos corpos hídricos, controle da erosão e conservação do solo. Enquanto as APPs são áreas sensíveis que precisam ser preservadas devido à sua relevância ecológica, as APAs permitem uma maior interação com a ocupação humana, mas com a responsabilidade de garantir a sustentabilidade dos ecossistemas locais.

O Código Florestal, por meio da obrigatoriedade da manutenção de APPs e da Reserva Legal, visa promover um uso mais sustentável da terra, equilibrando a produção agrícola com a conservação ambiental. Além disso, a criação de Unidades de Conservação, como as APAs, reforça a necessidade de preservar áreas essenciais para o bem-estar das populações locais, sem comprometer os ecossistemas. Ao permitir a integração de atividades produtivas com a conservação da natureza, as políticas ambientais brasileiras buscam não apenas proteger os recursos naturais, mas também promover a conscientização e a participação ativa da sociedade na gestão ambiental, criando um caminho mais sustentável para o desenvolvimento do país.

REFERÊNCIAS:

AHRENS, S. O “Novo” Código Florestal Brasileiro: conceitos jurídicos fundamentais. In: VIII Congresso Florestal. São Paulo, SP. São Paulo: Sociedade Brasileira de Sil vicultura; Brasília: Sociedade Brasileira de Engenheiros Florestais, 2003.

ANTUNES, Paulo de Bessa. Direito ambiental. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 1992.

BORGES, Antonino Moura. Curso Completo de Direito Agrário. 3 ed.. Editora. CL - EDIJUR-Leme/SP, 2009.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>. Acesso em: 24 mar. de 2024.

BRASIL. Lei 6.938, de 31.08.81. Dispõe sobre a política nacional do meio ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Código Civil. 18. ed. São Paulo: Saraiva, 2003 (Legislação brasileira).

_____. Código Civil. 2002. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/2002/l10406.htm Acesso em: 20 dez. 2024.

_____. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre a revisão e complementação dos procedimentos e critérios utilizados para o licenciamento ambiental. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/port/CONAMA/res/res97/res23797.html.> Acesso em: 22 nov. de 2024.

_____. Lei n. 12.651, de 25 maio de 2012. Código Florestal Brasileiro. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm Acesso em: 22 nov. 2024.

_____. Decreto n. 7.830, de 17 de outubro de 2012. Dispõe sobre o Sistema de Cadastro Ambiental Rural, o Cadastro Ambiental Rural, estabelece normas de caráter geral aos Programas de Regularização Ambiental, de que trata a Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Decreto/D7830.htm Acesso em: 22 nov. 2024.

_____. Decreto-lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o Novo Código Florestal Brasileiro e dá outras providências. Diário Oficial (da) República Federativa do Brasil. Poder Executivo. Brasília, DF, 1965.

_____. Código Florestal de 1934. Jornal do Senado Federal. 1934.

CARVALHO FILHO, José Dos Santos. Manual de Direito Administrativo. 22. ed. Rio de Janeiro: Lumen Juris, 2009

COSTA, Luiz Bernardo Dias. Intervenção do Estado sobre a propriedade privada. Revista de Filosofia, Curitiba, v. 15 n.17, p. 55-61, jul./dez. 2003.

CUNHA, L. H. & COELHO, M. C. N. Política e Questão Ambiental. In: CUNHA, S. B. & GUERRA, A. J. T. (org.). A Questão Ambiental – Diferentes Abordagens. Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 2003.

CUSTÓDIO, Helita Barreira. Agrotóxicos no sistema legal brasileiro. São Paulo: RT, 1996.

DEAN, W. A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. São Paulo: Cia. das Letras, 1996.

DI PIETRO, Maria Sylvia Zanella. Direito administrativo. 15. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

DRUMMOND, José Augusto; DIAS, Tereza Cristina Albuquerque de Castro; BRITO Daguinete Maria Chaves. Atlas das Unidades de Conservação do Estado do Amapá. Macapá: MMA/IBAMAAP; GEA/SEMA, 2010.

FINK, Daniel Roberto. Audiência Pública em Matéria Ambiental no Direito Brasileiro. São Paulo. Revista dos. Tribunais, 2012.

FORNEROLLI, Luiz Antônio Zanini. A propriedade relativizada por sua função social. 2003, p. 1. Disponível em: http://tjsc25.tj.sc.gov.br/academia/cejur/arquivos/propriedade_funcao_social_luiz_for nerolli.pdf Acesso em: 10 out. 2024.

JUSTEN FILHO, Marçal. Curso de Direito Administrativo. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2009.

LEUZINGER, M. D. Uso Público em Unidades de Conservação. Congresso de Direito Ambiental da PUC-RIO, 1., 2010.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. Novo Código Florestal: Comentários à Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, à Lei 12.727, de 17 de outubro de 2012 e ao Decreto 7.830, de 17 de outubro de 2012. São Paulo: RT, 2012.

MEDEIROS, R. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. 2005. Ambiente & Sociedade, v. 9, n. 1, 2006.

MEIRELLES, Hely Lopes. Direito Administrativo brasileiro. 32 ed. São Paulo: Malheiros, 2006.

MILARÉ, Édis. Direito do ambiente: doutrina, prática, jurisprudência, glossário. São Paulo: Revista dos Tribunais, 1999.

MMA. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Diretrizes para a visitação em unidades de conservação. Brasília: MMA, 2006.

MOREIRA NETO, Diogo de Figueiredo. Curso de Direito Administrativo: parte introdutória, parte geral e parte especial. 10 ed. Rio de Janeiro: Forense, 1992.

PORTILHO, F. Sustentabilidade ambiental, consumo e cidadania. São Paulo: Cortez, 2010.

SANTOS, Antonio Silveira R. Dos. O Direito Ambiental e a participação da sociedade. Revista Direito Ambiental, julho/setembro. Editora Revista dos Tribunais, 1992.

VANDERGEEST, Peter; FLAHERTY, Mark; MILLER, Paul. Uma ecologia política da aquicultura de camarão na Tailândia. Sociologia Rural , v. 64, n. 4, p. 573-596, 1999.

ZAGO, Lívia Maria Armentano K. Resumo jurídico de direitos administrativos. São Paulo: Quartier Latin, 2002.

Capítulo 3

10.37423/241209516

APORTE DE SEDIMENTOS NAS ESTRADAS NÃO PAVIMENTADAS DA BACIA DO RIO DO ATALHO EM CRUZ MACHADO - PR

Vanderlei Marinheski

Universidade Estadual do Paraná - UNESPAR, Campus de União da Vitória

Resumo: O principal objetivo deste trabalho foi elaborar um diagnóstico sobre o aporte de sedimentos em pequenas propriedades rurais. A pesquisa foi realizada em uma propriedade representativa da Bacia Hidrográfica do Rio do Atalho, em Cruz Machado, Paraná. A bacia caracteriza-se por um sistema de agricultura familiar de baixo nível tecnológico, com relevo dissecado e presença constante de blocos e matacões de rochas ígneas. A metodologia adotada incluiu pesquisa bibliográfica e trabalho de campo, com a identificação dos pontos impactados. Os resultados indicam que as estradas não pavimentadas desempenham um papel crucial na conectividade rural, especialmente em áreas como a bacia do Rio do Atalho, em Cruz Machado. Contudo, essas vias também estão associadas a desafios ambientais, como o aporte de sedimentos nos corpos hídricos e em locais de deposição. Dessa forma, torna-se essencial identificar as causas, consequências e possíveis soluções para o manejo do sedimento em estradas não pavimentadas na região.

Palavras-chave: Erosão; Estradas não Pavimentadas; Deposição de Sedimentos; Desafios Ambientais.

INTRODUÇÃO

A maioria das atividades humanas realizadas na superfície do planeta provoca alterações significativas na paisagem. As principais dessas atividades incluem a agricultura, a mineração, escavações e a construção de estradas (Inbar et al., 1998).

As estradas são faixas do relevo modificadas pela ação antrópica, permitindo a circulação de pessoas, animais e veículos. Para seu pleno funcionamento, devem oferecer condições adequadas para suportar os diferentes fluxos de movimentação, independentemente das condições climáticas (Griebeler et al., 2005; Lopes e Moraes, 2023). No entanto, os danos causados pela erosão acelerada frequentemente comprometem esses fluxos de circulação nos sistemas viários.

> As estradas, carreadores e caminhos cortam grande número de rios e fontes em diferentes unidades de terra. A drenagem lateral nas vias de circulação principal (processo de retirada de água do leito das estradas) faz com que as águas cheguem rapidamente à rede de drenagem aumentando o débito fluvial (aumento rápido de vazão) (Thomaz, 2005, p. 180).

O autor também destaca que as estradas funcionam como canais efêmeros após eventos chuvosos, concentrando os fluxos de água provenientes das áreas a montante.

Segundo Medeiros, Jesus e Alves (2022), as estradas não pavimentadas são fundamentais para a movimentação econômica de uma região, pois estão diretamente conectadas às áreas produtivas. No entanto, os processos erosivos nos leitos e taludes das estradas são as principais causas da degradação dessas vias (Griebeler et al., 2005). Portanto, identificar a magnitude dos efeitos da erosão nas estradas é essencial para o desenvolvimento de técnicas eficazes de contenção.

Nogami e Villibor (1995) destacam que a erodibilidade do solo é um dos principais fatores que determinam o tempo em que uma estrada pode suportar as pressões exercidas pelos fluxos de movimentação, sem que ocorra o desprendimento excessivo de sedimentos. Por outro lado, Denardim (1990) enfatiza a dificuldade de realizar estudos sobre erodibilidade no Brasil, devido à diversidade de solos e à vasta extensão territorial do país.

Apesar desses desafios, os estudos sobre os processos erosivos em estradas rurais têm se intensificado, pois essas vias desempenham um papel crucial na produção de sedimentos dentro das bacias hidrográficas e no transporte de sedimentos provenientes de outras fontes. Em áreas florestais, por exemplo, 90% dos sedimentos originam-se das estradas (Grace et al., 1998). Bigarella e Mazuchowski (1985) ressaltam que, no Noroeste do Paraná, 20% dos sedimentos transportados têm origem nos sistemas viários.

Os sedimentos das estradas têm origem tanto nas vias de movimentação quanto nos barrancos (Thomaz; Antoneli; Dias, 2011). Em paredes de alcovas, a remoção de sedimentos representa cerca de 30% do total de materiais remobilizados. Nos barrancos das estradas, a remoção de sedimentos é influenciada diretamente pela altura dos taludes, pela cobertura vegetal e pela concentração dos fluxos de água (Oliveira et al., 1999).

A maioria das estradas rurais no Brasil são construída sem planejamento adequado em relação às características naturais do relevo e à vulnerabilidade à erosão. Essa falta de planejamento e a ausência de manutenção são as principais causas da alta incidência de erosão nas estradas rurais (Salomão et al., 1999, p. 263).

De acordo com Griebeler et al. (2005), os processos erosivos em canais e margens das estradas resultam da má drenagem. Já Luce e Black (1993) associam os processos erosivos nas estradas ao comprimento das rampas e ao aumento da declividade, que aceleram o escoamento das águas.

Nas pequenas propriedades rurais, a maioria das estradas atravessam trechos do relevo com declividades acentuadas, onde a erosão é progressiva. As plataformas não são pavimentadas, sendo realizada apenas a terraplanagem, sem considerar as diversas características do relevo. Como resultado, formam-se incisões associadas às redes viárias, além de uma grande quantidade de sedimentos depositados a jusante ou transportados pelas enxurradas até os cursos fluviais. Esses sedimentos podem ter origem nas próprias estradas ou em áreas agrícolas, sendo carregados de produtos químicos e substâncias tóxicas que acabam contaminando os recursos hídricos.

Com a abertura de sulcos e ravinas nas estradas, o tráfego é comprometido, dificultando o transporte de cultivares até as propriedades e elevando os custos de transporte das safras e de manutenção dessas vias. Em alguns casos, é necessário o uso de motoniveladoras para reparos mais significativos.

O principal problema dos processos erosivos em estradas rurais está nos sistemas de drenagem. A grande concentração de fluxos de água na faixa de rolamento da estrada, aliada à declividade acentuada, aumenta a energia cinética, elevando o potencial de remoção e transporte de materiais. Além disso, a concentração de umidade reduz a capacidade de resistência do solo, tornando-o mais suscetível aos processos erosivos.

Em relação às propostas para a alocação de estradas, Castro Filho destaca:

> Em estradas estreitas, devem-se utilizar técnicas para aumentar a infiltração e controlar o escorrimento, tais como: proteção dos barrancos e margens com capineiras erva cidreira ou reflorestamento; construção de barreiras nas valetas; construção de bueiros ou valetas que conduzam a água para o interior do mato ou capoeiras; revestimento vegetal com gramas ou capins nas partes menos íngremes (Castro Filho et al., 1999, p. 257).

Bigarella e Mazuchowski (1985) propõem várias medidas para reduzir os processos erosivos em sistemas viários, como: proteção vegetal, especialmente nos taludes, nas saídas de empréstimo e na própria plataforma; canais de dispersão dos fluxos de água (valetas ou canaletas), revestidos com grama; construção de bueiros em áreas de grande concentração de água; desnível transversal da pista de rodagem para facilitar a dispersão da água; e a construção de sulcos de dispersão das enxurradas com base nas curvas de nível, para dissipar a maior quantidade de água possível.

Além dessas medidas, é fundamental que, após cada evento chuvoso, seja realizada a limpeza das canaletas de dispersão, pois o acúmulo de sedimentos pode obstruir o fluxo de água, levando à erosão da plataforma da estrada. O objetivo principal é reduzir o potencial erosivo da água, direcionando-a para áreas com maior capacidade de infiltração ou para regiões com vegetação densa.

Essa revisão de referências contribuiu para o levantamento de pontos com ocorrência de processos erosivos em estradas não pavimentadas de uma propriedade rural representativa na Bacia Hidrográfica do Rio do Atalho, em Cruz Machado, Paraná.

CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A operacionalização desta pesquisa ocorreu na Bacia Hidrográfica do Rio do Atalho, afluente de terceira ordem fluvial da margem esquerda do Rio das Antas, localizado no município de Cruz Machado, Paraná. Com uma área de 2.074,77 hectares, a bacia está completamente inserida na zona rural (Figura 1).

A Bacia do Rio do Atalho faz divisa ao norte com a Bacia do Rio Palmeirinha, a oeste com a Bacia do Rio das Antas e a leste com a Bacia do Rio Palmital. O curso das águas segue da nascente, no norte, para a foz, no sudoeste, com uma extensão de aproximadamente 8 quilômetros. Os pontos mais altos da bacia estão localizados próximos à nascente, com 1.040 metros de altitude.

De acordo com o ITCG (2009), a área de estudo é coberta pela Floresta Ombrófila Mista (Floresta com Araucária, Mata dos Pinhais), uma Formação Montana, com destaque para espécies como o pinheiro-do-paraná (Araucaria angustifolia), a imbuia (Ocotea porosa Nees), a erva-mate (Ilex paraguariensis A. St. Hill.) e a bracatinga (Mimosa scabrella Benth.) (Maack, 2002). Além disso, Veloso, Rangel Filho e

Lima (1991) e o IBGE (2012) apontam que, nos três estados da região Sul, o pinheiro-araucária (Araucaria angustifolia) aparece frequentemente em associação com a imbuia (Ocotea porosa).

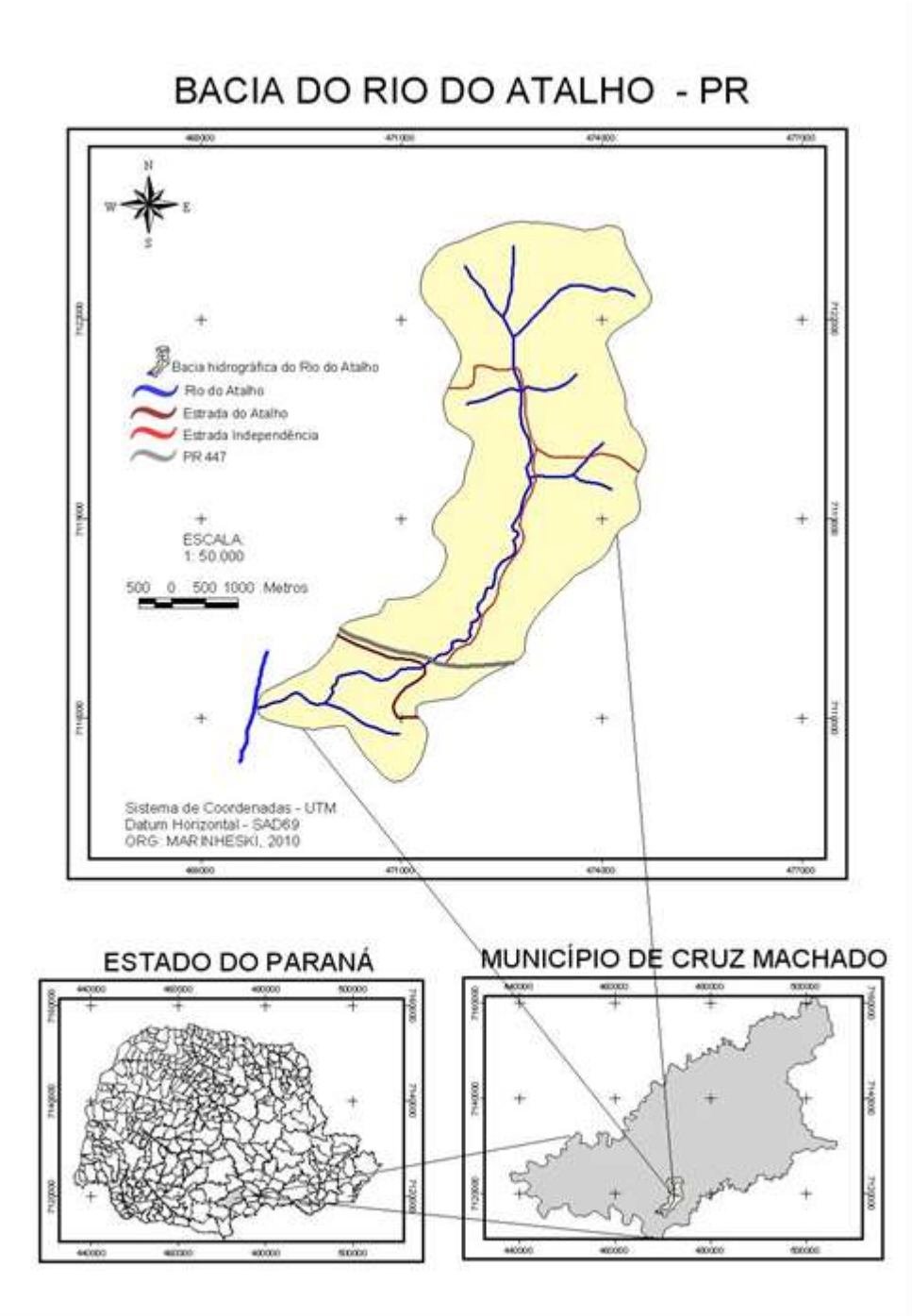


Figura 1 - Localização da área de estudo.

Fonte: Autoria própria (2024).

De acordo com a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfb, Subtropical úmido, sem estação seca e com chuvas bem distribuídas ao longo das quatro estações do ano. A região

apresenta temperaturas mais baixas no inverno, com possibilidade de ocorrência de geadas, e temperaturas mais elevadas no verão, com médias inferiores a 22°C (Nitsche et al., 2019).

A área de estudo apresenta variação de temperatura diária nas diferentes compartimentações do relevo. A ocorrência de geadas no inverno é mais frequente nos fundos de vale e nas regiões mais baixas das vertentes. Maack (2002, p. 121) destaca que, nos três Planaltos Paranaenses, os fundos de vale atuam como "linhas de deslize de ar frio [...]".

Para a realização do diagnóstico relacionado ao aporte de sedimentos em estradas não pavimentadas na Bacia Hidrográfica do Rio do Atalho, foi selecionada uma propriedade rural representativa (Figura 2).

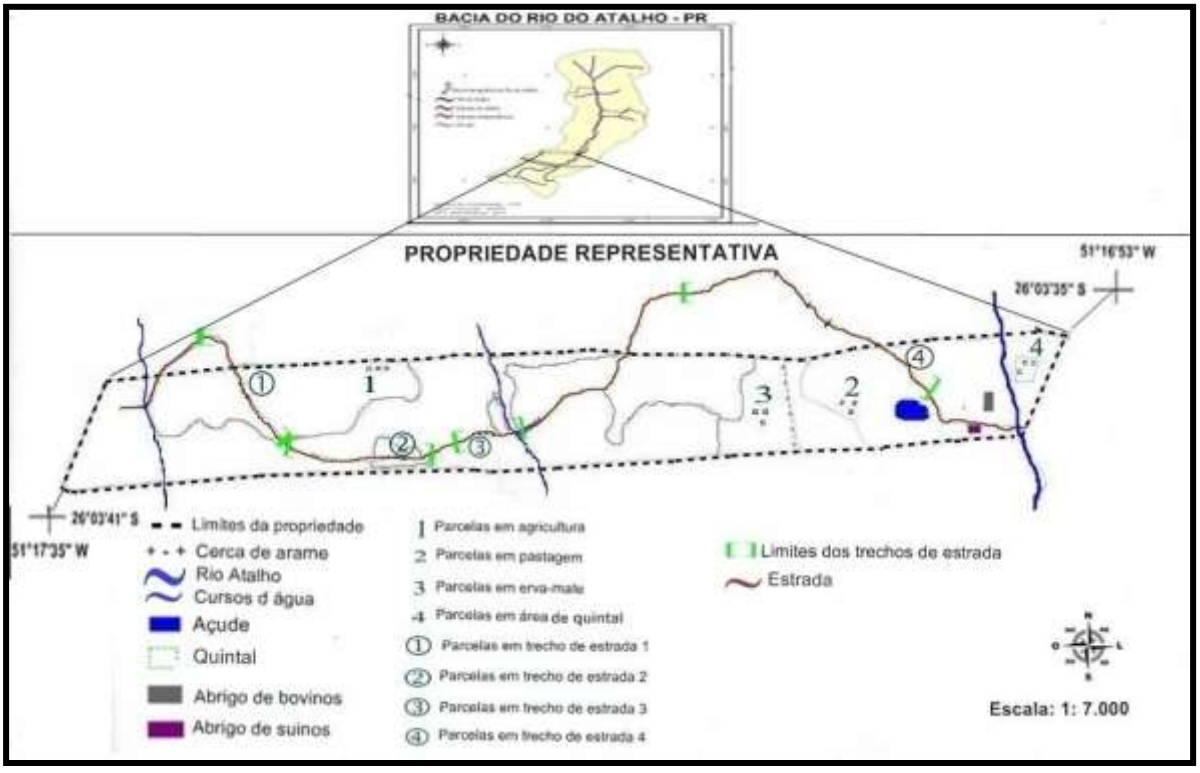


Figura 2 - Localização da propriedade representativa na Bacia do Rio do Atalho, PR.

Fonte: Autoria própria (2024).

A propriedade possui uma área de 13,5 hectares, distribuídos entre diferentes usos: aproximadamente 23,5% para agricultura, 26% para pastagem, 5% para erva-mate, 41% de floresta e cerca de 4,5% para estradas, quintal e recursos hídricos (Figura 3). De acordo com a Figura 3, observa-se que a propriedade é atravessada por dois afluentes do Rio do Atalho. Essa característica é comum em quase todas as propriedades da bacia, o que significa que os sedimentos gerados em diferentes áreas de uso

rapidamente encontram os recursos hídricos, que funcionam como vias de conexão com o Rio do Atalho.

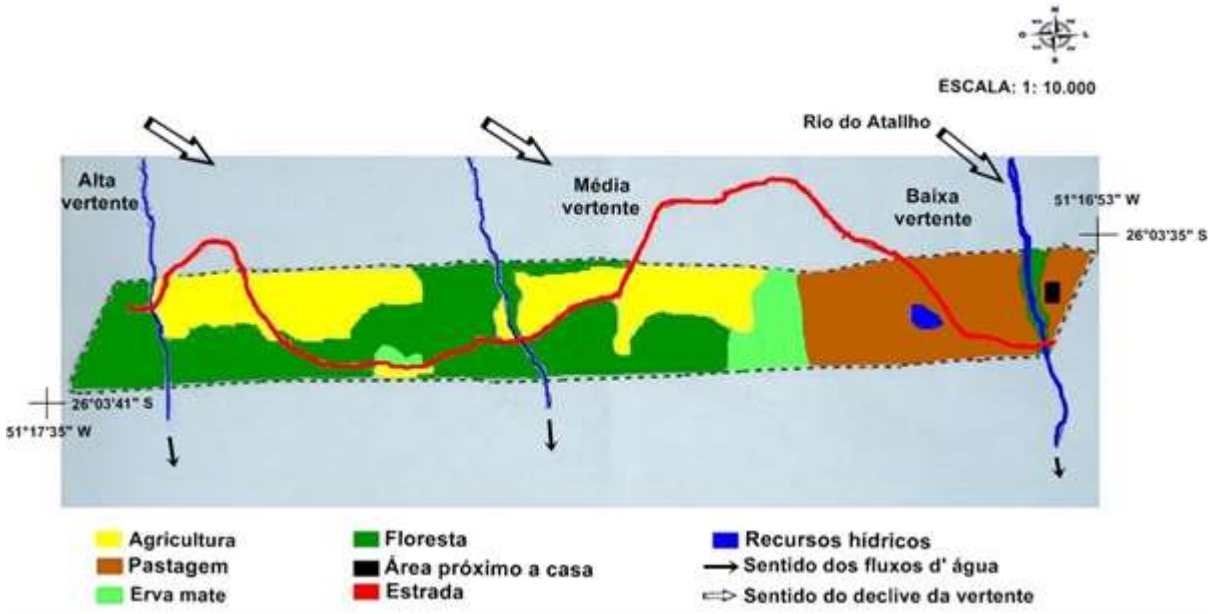


Figura 3: Mapa de uso e ocupação do solo na propriedade representativa na Bacia do Rio do Atalho.

Fonte: Autoria própria (2024).

A escolha desta propriedade como recorte espacial para o estudo se deve à sua dimensão, que permite analisar tanto os elementos naturais quanto socioeconômicos em curto prazo, compatibilizando custo/benefício e estabelecendo as inter-relações socioambientais. Além disso, ela apresenta características singulares que refletem as condições presentes em outras propriedades da bacia como um todo.

METODOLOGIA

A metodologia utilizada teve como base a revisão bibliográfica e em trabalhos de campo na Bacia do Rio do Atalho. A escolha dessa área seguiu a proposta de Botelho et al. (1999), que recomenda a seleção de uma bacia com características físicas e socioeconômicas representativas da região, servindo como parâmetro para o desenvolvimento de projetos de planejamento e para a indicação de práticas agropecuárias que contribuam para a redução da degradação do solo.

Para caracterizar a área, foi realizado um levantamento preliminar, considerando as características naturais do solo, clima, cobertura vegetal, redes hidrográficas, principais usos do solo (com apoio de uma máquina fotográfica) e os impactos ambientais. Todos os cartogramas foram elaborados no software QGIS versão 3.10.10, georreferenciados em unidades métricas/UTM no próprio

compositor de impressão do QGIS e exportados como imagem para utilização nos arquivos de texto.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a EMBRAPA (2013), a região que abrange a Bacia do Rio do Atalho é composta por solos classificados como Cambissolo e Neossolo Litólico, que são solos rasos e de baixa fertilidade, além de apresentarem grande quantidade de materiais rochosos (Figura 4). Segundo o ITCG (2008), a área da bacia é classificada como de média degradação e uso misto, com aptidão de uso do solo considerada regular, devido aos riscos de erosão e à baixa fertilidade.

Com base na figura 4, observa-se a pequena espessura do horizonte do solo, com cerca de 30 cm, composto por blocos de rochas ígneas em diferentes estágios de decomposição devido aos processos intempéricos. Essas características variam ao longo do relevo, com aumento da espessura do solo nos sopés das vertentes, sendo esse fenômeno mais influenciado pelos processos morfogenéticos do que pela própria pedogênese.

A classificação do relevo brasileiro de Jurandyr Luciano Sanches Ross, em 1990, indica que a área de estudo está inserida em uma porção do relevo que pertence à região dos planaltos em bacias sedimentares (Ross, 1996) Os planaltos e chapadas da Bacia do Paraná são descritos por Ross (2003, p. 24) como "recobertos por araucárias e pradarias de altitude".

Para Maack (2002, p. 425), “os platôs e mesetas dos divisores de água representam no terceiro Planalto as linhas orográficas principais, que acompanham as fendas estruturais das rochas eruptivas básicas.” Na área da pesquisa, as práticas agropecuárias também ocorrem nas elevações das vertentes, que Maack denomina de “espigões”.

Na maior parte do relevo da bacia, identificam-se materiais rochosos, matacões e blocos de rochas ígneas, que, junto aos declives acentuados, representam importantes obstáculos para uma agricultura intensiva e mecanizada.

As estradas, paralelas aos declives das vertentes, foram construídas manualmente pelos primeiros imigrantes, que utilizaram picaretas, enxadas e cortadeiras. As rotas foram traçadas de maneira a evitar os maiores obstáculos, desviando de blocos de rochas e de desníveis acentuados no relevo. Muitas dessas estradas ainda preservam os traçados originais de construção (Figura 5). As modificações observadas se devem, principalmente, à manutenção realizada com o uso de máquinas disponibilizadas pela prefeitura do município.



Figura 4 - Características do solo classificado como Neossolo Regolítico/Litólico em média vertente na Bacia do Rio do Atalho, PR..

Fonte: Autoria própria (2024).

O traçado das estradas, que interliga o fundo de vale ao interflúvio, é uma característica presente em todas as propriedades da bacia do Rio do Atalho. Como as propriedades são pequenas, com uma média de 25 hectares, e a estrada principal, denominada Linha Independência, serve como marco da espacialização ocupacional.

A estrada principal da bacia está situada no fundo do vale, próximo ao rio, e dos dois lados dela foram estabelecidos os lotes, que se estendem do fundo do vale até o interflúvio. Esses lotes possuem cerca de 1000 metros de comprimento, do fundo do vale até o interflúvio, e aproximadamente 240 metros de largura, o que configura faixas estreitas e dificulta também a logística das estradas.

Assim, todas as propriedades da bacia do Rio do Atalho estão dispostas do fundo de vale até o interflúvio, o que ajuda a compreender a presença constante de áreas mais íngremes, com relevo dissecado e grande quantidade de afluentes.



Figura 5 - Estrada construída junto à vertente na Bacia do Rio do Atalho, PR

Fonte: Autoria própria (2024).

Nota: - - - indicam a localização da estrada

Na bacia do Rio do Atalho, destaca-se a disposição das diferentes formas de uso e ocupação do solo, que é característica predominante no município como um todo. As casas e os abrigos para animais, produtos e equipamentos agrícolas são construídos nas baixas vertentes e nos fundos de vale. As áreas agrícolas ocupam as médias e altas vertentes, enquanto nos interflúvios predomina a mata, que compõe a área de reserva legal da vegetação nativa.

As estradas são construídas longitudinalmente às vertentes e apresentam elevados índices de declividade (>20%), o que as tornam vulneráveis à degradação pelos processos erosivos. Isso pode ser observado na figura 6a, onde se vê um trecho de estrada com a presença de pequenos sulcos no leito e blocos de basalto nos taludes e sobre os barrancos.

Em geral, as estradas da bacia possuem escapes de água próximos aos taludes dos barrancos, com pequenos desníveis orientados para fora das linhas de circulação. Com o passar do tempo, esses meios de dispersão dos fluxos de água são erodidos e se transformam em sulcos, como pode ser observado na figura 6c, onde se vê a abertura de uma incisão de aproximadamente 30 cm (Marinheski, 2011).



Figura 6 - Processos erosivos em estradas da bacia do rio do Atalho, PR: a) Estrada junto ao relevo montanhoso e aflorado de rochas; b) Estrada mensurada com a queda do talude e cerca dos animais; c) Estrada em área de pastagem com sulcos de erosão; d) Formação de marmita na base do talude do barranco.

Fonte: Autoria própria (2024).

A presença constante dos animais nas áreas de pastagem contribui para o deslocamento dos sedimentos nos taludes dos barrancos, uma influência ilustrada na figura 6c. Nesse trecho da estrada, observa-se a formação de incisões e sulcos na parte inferior dos barrancos, resultantes da circulação dos bovinos. Segundo Marinheski (2024, p. 182):

O contato dos bovinos com os corpos hídricos abre canais de escoamento das águas das chuvas. Esse pisoteio constante dos animais ajuda a compactar o solo, que consequentemente prejudica o desenvolvimento radicular da vegetação, reduz a infiltração das águas da chuva e diminui o abastecimento do lençol freático.

Em determinados trechos da estrada, ocorrem quedas abruptas dos taludes, causadas pela terraplanagem na base dos barrancos (Figura 6b). Nesses casos, a cerca foi derrubada juntamente com o desabamento do barranco.

Esses sulcos acumulam materiais provenientes tanto da caixa das estradas quanto das áreas de cultivo, o que pode intensificar a remoção de solo em pontos específicos, formando as chamadas marmitas

ou panelas, como definidas por Oliveira et al. (1999). Na figura 6d, é ilustrada a formação de uma marmita na estrada da Bacia do Rio do Atalho. Nesse caso, a presença de um pequeno fragmento rochoso contribuiu para o aprofundamento da incisão.

Ainda em relação às estradas, elas atuam como canais de escoamento das enxurradas, além de contribuírem para a produção de sedimentos provenientes tanto das pistas de rodagem quanto dos barrancos.

Durante a elaboração de sua dissertação de mestrado, Marinheski (2011, p. 117) apresentou os seguintes dados sobre o balanço de sedimentos na bacia hidrográfica do rio do Atalho:

A produção de sedimento foi estimada em 67.782.585 kg/ano, sendo que, os locais com agricultura contribuem com 70,70% e ocupam 55,84% da área, as estradas contribuem com 28,26% e ocupam 6,68%, em contrapartida as pastagens contribuem com 0,88% e ocupam 29,96% da área.

Esses sedimentos chegam rapidamente ao Rio do Atalho, uma vez que, no local de estudo, as vertentes dos dois lados são curtas, com uma extensão média inferior a mil metros. Isso favorece a rápida vazão das águas da chuva e o transporte dos sedimentos desagregados pelas águas pluviais.

Os sedimentos gerados nas estradas da bacia acabam sendo depositados em diversos pontos ao longo do trajeto das enxurradas. Na figura 7a, pode-se observar a deposição em áreas de pastagem, enquanto na figura 7b, há o acúmulo de solo entre a vegetação.

A maior parte desses sedimentos originou-se de um trecho da própria estrada, que atravessa uma área de relevo côncavo. Nesses locais, é comum o acúmulo de solo junto às vertentes da Bacia do Rio do Atalho, o que contribui para a dinâmica das características do relevo em suas diversas formas. Esse processo influencia a formação dos solos e, consequentemente, sua aptidão para os diferentes usos.

Constata-se que a gestão das estradas na bacia do Rio do Atalho tem causado impactos ambientais significativos, como a perda acentuada de solo, a contaminação dos recursos hídricos e a deterioração das estradas, que se encontram em condições precárias para a circulação.



Figura 7 - Depósitos de sedimentos: a) Em meio à pastagem, b) Em meio à floresta.

Fonte: Autoria própria (2024).

Nota: Seta indica cone de deposição.

O estudo das consequências da erosão em estradas rurais não pavimentadas é essencial para garantir a qualidade ambiental e reduzir os impactos negativos. Nesse sentido, embora os estudos sobre o tema na área ainda sejam incipientes, sua continuidade e a avaliação da magnitude dos impactos são fundamentais, considerando que se trata de uma região com características ambientais e agropecuárias singulares e semelhantes a outras da região.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento deste trabalho, conclui-se que a erosão acelerada nas estradas da bacia do Rio do Atalho prejudica o tráfego e dificulta o transporte de cultivares até as propriedades, elevando os custos de transporte e manutenção desses sistemas viários.

Os sedimentos produzidos na bacia chegam rapidamente ao rio principal, uma vez que as vertentes de ambos os lados da bacia são curtas (<1000 m). Controlar a desagregação do solo e o rápido escoamento das águas nessas vertentes é essencial para reduzir a degradação das estradas e minimizar os impactos ambientais.

Assim, é crucial que, após cada evento chuvoso, sejam realizadas a limpeza das canaletas de drenagem e a condução da água para áreas com maior capacidade de infiltração ou para regiões com maior cobertura vegetal.

Portanto, este estudo se configura como um importante indicador de que as perdas acentuadas de solo nos trechos das estradas requerem atenção especial, uma vez que todas as propriedades da bacia são interligadas por pelo menos uma estrada, conectando as áreas de cultivo, pastagens e as residências dos produtores.

REFERÊNCIAS

BIGARELLA, J. J.; MAZUCHOWSKI, J. Z. Visão integrada da problemática da erosão. In: III Simpósio Nacional de Controle da Erosão. Curitiba: ADEA/ABGE, 1985.

BOTELHO, R. G. M. (et al., 1999). Planejamento Ambiental em Microbacia Hidrográfica. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. do; BOTELHO, R. G. M. (orgs). Erosão e conservação dos Solos. Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

CASTRO FILHO, C. de et al. Planejamento Conservacionista em Microbacias Hidrográficas. In: CASTRO FILHO, C. de; MUZILLI, O. Uso e Manejo dos Solos de Baixa Aptidão Agrícola. Londrina: IAPAR, 1999.

DENARDIN, J. E. Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos. Piracicaba - Tese (Doutorado em Agronomia). ESALQ , 1990.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Rio de Janeiro, 2013.

GRACE, J. M. et al. Evaluation of erosion control techniques on forest roads. Transactions of the ASAE, St Joseph, v. 41, n. 2, p. 383-391, 1998.

GRIEBELER, N. P. et al. Equipamento para determinação da erodibilidade e tensão crítica de cisalhamento do solo em canais de estradas. Campina Grande-PB: Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, DEAG/UFCG, V.9, n. 2, p. 166-170, 2005.

INBAR, M.; TAMIR, M.; WITTENBERG, L. Runoff and erosion process after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area. Geomorphology, 1998.

IBGE. Manual Técnico da Vegetação Brasileira. 2 ed. Rio de Janeiro, 2012. (Manuais Técnicos em Geociências - 1).

ITCG. Solos – Estado do Paraná. Instituto de Terras, Cartografia e Geociências, 2008.

ITCG. Formações fitogeográficas do Estado do Paraná. Instituto de Terras, Cartografia e Geociências, 2009.

LOPES, D. V.; MORAES, G. C. de. Estudo de técnicas de melhoramento das condições de superfície das estradas não-pavimentadas sob responsabilidade do município de Porto Velho/RO. Revista Ft, v. 27, ed. 28, 2023.

LUCE, C. H; BLACK, T. A. Sediment production from forest roads in Western Oregon. Moscow: USDA, 1993.

MAACK, R. Geografia Física do Estado do Paraná. 3. ed. São Paulo: contexto, 2002.

MARINHESKI, V. Capacidade de uso da terra e perda do solo em uma propriedade representativa na Bacia Hidrográfica do Rio do Atalho, Cruz Machado – PR. Ponta Grossa – Dissertação (Mestrado em Gestão do Território). Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2011.

MARINHESKI, V. A etnoconservação em duas comunidades rurais tradicionais da mesorregião sudeste paranaense. RevBEA - Revista Brasileira De Educação Ambiental, v. 19, n. 1, p. 166–191, 2024.

MEDEIROS, R. B.; JESUS, A. D de.; ALVES, L. B. Erosões em estradas não-pavimentadas da bacia hidrográfica do Rio Formoso, Bonito/MS: diagnóstico e medidas de controle. Confins [Online], n.57, 2022.

NITSCHE, R. et al. Atlas climático do estado do Paraná: Londrina: IAPAR, 2019.

NOGAMI, J. S.; VILLIBOR. D. F. Pavimentação de baixo custo com solos Lateríticos. São Paulo, 1995.

OLIVEIRA, M. A. T. de et al. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. do; BOTELHO, R. G. M. (orgs). Erosão e conservação dos Solos. Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

ROSS, J. L. S. (org). Geografia do Brasil.3. ed. São Paulo, Edusp, 1996.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia: Ambiente e Planejamento. 7. ed. São Paulo: Contexto, 2003.

SALOMÃO, F. X. de T. et al. Controle e Prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. do; BOTELHO, R. G. M. (orgs). Erosão e conservação dos Solos. Conceitos, Temas e Aplicações. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

THOMAZ, E. L. Processos Hidrogeomorfológicos e o Uso da Terra em Ambiente Subtropical – Guarapuava-PR. São Paulo - Tese (Doutorado em Geografia Física). Universidade de São Paulo, 2005.

THOMAZ, E. L.; ANTONELI, V. DIAS, W. A. Estimativa de Proveniência de Sedimentos em Cabeceira de Drenagem com Alta Densidade de Estradas Rurais não Pavimentadas. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 16, n.2, p. 25 – 37, 2011.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 1991.

Capítulo 4

10.37423/241209517

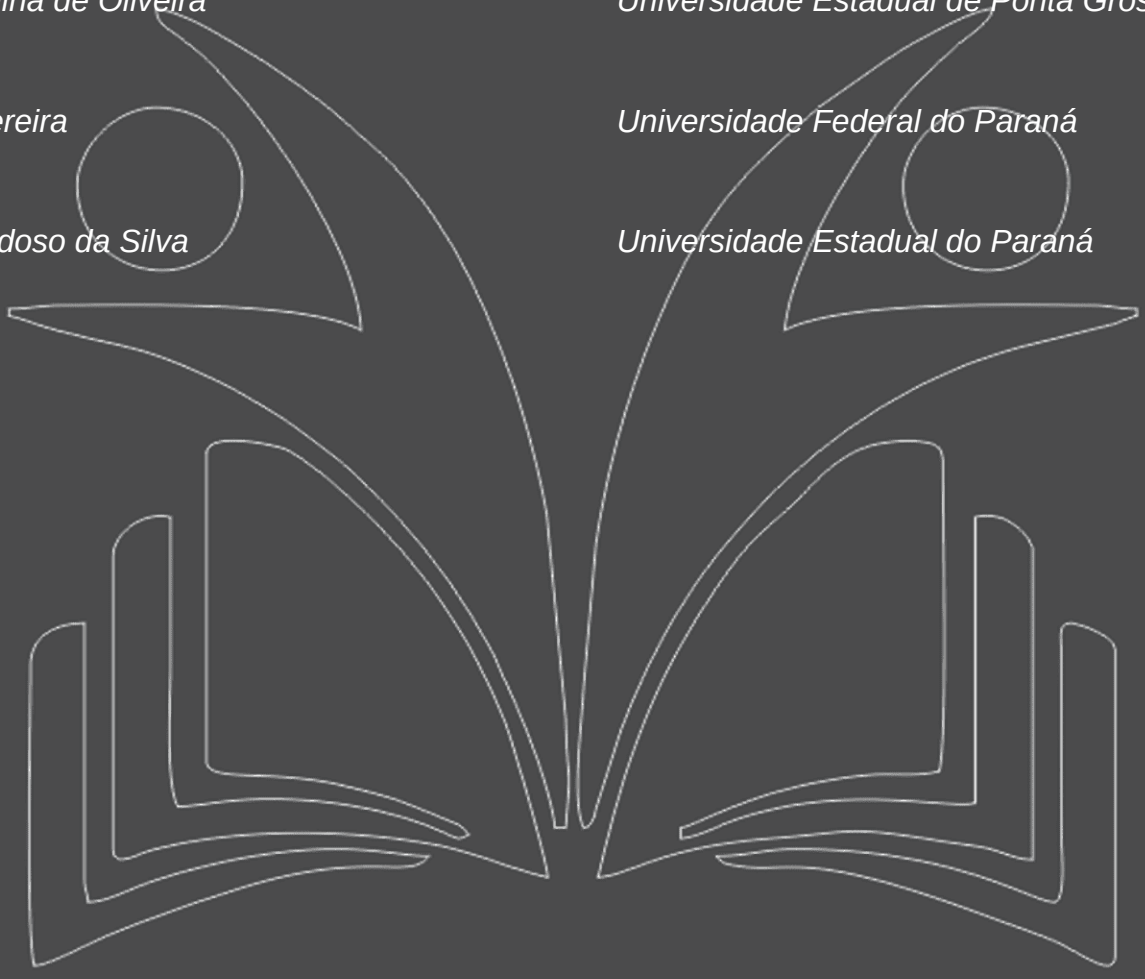
OS MANGUEZAIS EM UMA CIDADE LITORÂNEA DO PARANÁ

Luciane Regina jacinto Smanioto — *Universidade Federal do Paraná*

Maria Carolina de Oliveira — *Universidade Estadual de Ponta Grossa*

Graziele Pereira — *Universidade Federal do Paraná*

Beatriz Cardoso da Silva — *Universidade Estadual do Paraná*



Resumo: Este trabalho aborda a importância dos manguezais na cidade de Paranaguá, destacando sua relevância ecológica, a biodiversidade que abrigam e os desafios enfrentados para sua preservação. A pesquisa foi conduzida por meio de uma revisão bibliográfica qualitativa, com o objetivo de analisar estudos relacionados aos ecossistemas de mangue na região. A busca de literatura foi realizada em bibliotecas digitais de universidades e instituições de pesquisa, como SciELO, Portal de Periódicos CAPES, e bases acadêmicas como Web of Science, Scopus e Google Scholar. Palavras-chave como "manguezal", "Paranaguá", "ecossistemas costeiros" e "biodiversidade" foram utilizadas para identificar artigos que abordassem diferentes aspectos sobre os manguezais da cidade, como suas funções ambientais, os impactos da urbanização e as estratégias de conservação.A análise dos artigos selecionados focou em compreender os serviços ecossistêmicos prestados pelos manguezais, como a proteção contra a erosão costeira, o sequestro de carbono e a preservação de espécies marinhas. Também foram identificadas as principais ameaças aos manguezais de Paranaguá, como a poluição e a expansão de atividades humanas. A revisão revelou a necessidade de fortalecer as ações deMpreservação e de conciliar o desenvolvimento econômico com a sustentabilidade ambiental, para garantir a proteção desses ecossistemas essenciais à qualidade de vida e à biodiversidade local.

Palavras chaves: manguezal, Paranaguá, ecossistemas costeiros, biodiversidade

1. INTRODUÇÃO

Os manguezais da cidade de Paranaguá, localizada no litoral do estado do Paraná, são ecossistemas costeiros de grande importância ecológica e ambiental. Esses ambientes, caracterizados pela presença de árvores adaptadas a solos alagados e com alta salinidade, desempenham funções essenciais no equilíbrio ambiental da região, como a proteção contra a erosão costeira, o sequestro de carbono e a regulação da qualidade da água. Além disso, são locais de grande biodiversidade, abrigando uma variedade de espécies marinhas, aves e invertebrados, muitos dos quais dependem diretamente desse habitat para sua reprodução e alimentação.

A cidade de Paranaguá, com sua vasta área de manguezal, possui um dos maiores e mais preservados ecossistemas de mangue do Brasil. A região é rica em paisagens naturais, que vão desde as áreas mais alagadas até as zonas de transição entre o mar e a terra. Os manguezais de Paranaguá são responsáveis por importantes serviços ambientais, como a filtragem de poluentes das águas, a produção de nutrientes e a proteção da fauna marinha, especialmente de espécies de peixes e camarões, que utilizam esses locais como berçários. Isso faz com que os manguezais da cidade não sejam apenas uma preciosidade natural, mas também uma base vital para a economia local, principalmente para as atividades pesqueiras.

Apesar de sua relevância, os manguezais de Paranaguá enfrentam diversas ameaças, como a urbanização, a poluição e a expansão de atividades econômicas não sustentáveis, como a agricultura e o turismo predatório. A degradação desses ecossistemas pode comprometer suas funções ambientais e prejudicar a biodiversidade local. Assim, a preservação dos manguezais em Paranaguá exige um esforço contínuo de conscientização e ações de preservação, com a participação ativa tanto do poder público quanto da sociedade civil. O desafio é equilibrar o desenvolvimento econômico com a proteção ambiental, garantindo a manutenção desses ecossistemas essenciais para o futuro da região.

1. METODOLOGIA

Para conduzir esta revisão bibliográfica qualitativa sobre os manguezais na cidade de Paranaguá, foram adotadas várias etapas metodológicas, a fim de garantir uma análise abrangente e precisa da literatura existente. Primeiramente, foram definidos os locais de busca, que incluíram bibliotecas digitais de universidades e instituições de pesquisa, como SciELO, Portal de Periódicos CAPES e bases

de dados acadêmicas, como Web of Science, Scopus e Google Scholar. Essas fontes foram selecionadas por sua confiabilidade e relevância para o tema em questão.

Em seguida, foram escolhidas palavras-chave estratégicas, como "manguezal", "Paranaguá", "ecossistemas costeiros" e "biodiversidade". A partir dessas palavras-chave, a busca visou explorar diversos aspectos relacionados aos manguezais de Paranaguá, como sua importância ecológica, as ameaças enfrentadas e as estratégias de conservação. A combinação dessas palavras-chave permitiu abordar o tema de diferentes perspectivas e enriquecer a análise sobre a preservação e a dinâmica ambiental dos manguezais na região.

A estratégia de busca consistiu em testar diferentes variações das palavras-chave para maximizar a abrangência das fontes encontradas. Após a realização das buscas, os títulos, resumos e palavras-chave dos artigos foram analisados para selecionar os mais relevantes para o estudo. A partir dessa triagem inicial, foi realizada uma leitura aprofundada dos artigos selecionados, com o objetivo de extrair informações pertinentes sobre a importância dos manguezais para a biodiversidade, os desafios enfrentados pela região e as estratégias de preservação adotadas. A análise qualitativa focou em entender como os manguezais contribuem para o equilíbrio ambiental de Paranaguá e as implicações das ameaças que esses ecossistemas enfrentam.

2. MANGUEZAIS

O Brasil possui a maior área de manguezal do Planeta com cerca de 25.000 km², isso corresponde a 12% dos manguezais do mundo, podendo ser encontrados desde o Amapá até Santa Catarina, ou seja, nas regiões litorâneas onde se tem o encontro do rio, do continente e do mar (HERZ, 1991).

O manguezal é um bioma de transição, ele é a conecção entre o ambiente terrestre e as águas o rio e do mar que ali se encontram. As espécies que vivem nesse habitat, precisam se ambientar com essa constante mudança, ora menos salgado ora mais salgado, essas espécies são chamadas de eurobiontes. Para se viver nesse ecossistema sãonecessárias várias adaptações, já que a biodiversidade dos manguezais é baixa, porque para se viver nele é preciso várias adaptações que permitam que se mantenha o equilíbrio no funcionamento do organismo, pois está em constante mudança é muito dinâmico, com disso, apesar das poucas espécies são numerosas, cada espécie é composta por muitos indivíduos (NANNI, 2005).

Para sobreviver e se desenvolver nesse tipo de ambiente faz-se necessário vários requisitos para que tudo possa acontecer de uma maneira bem estável, depende da costa e seu formato, tipo de solo, tipo

de clima da região, das correntes marinhas, já que essas espécies gostam de se desenvolver em correntes mais quentes (MAJOR, 2002).

O solo é extremamente lodoso, formado por sedimentos trazidos dos rios e se depositam nessa região, dando essa característica bastante movediçae também um solo salgado, por ser constantemente sendo atingido pela água do mar com a cheia das marés, por isso é bem salobro. Com baixo oxigênio, esse solo permite a proliferação de bactérias anaeróbicas, que por sua vez ao fazerem todo seu trabalho com seu metabolismo acabam liberando o gás sulfúrico, caracterizando aquele cheiro fatídico de mangues. É extremamente rico em organismos decompositores, esse conjunto de organismos servem de alimento para vários animais (ESCOBAR, 2022).

Os manguezais apresentam plantas adaptadas para essas condições, com raízes aéreas e folhas que apresentam mecanismos que expelem o excesso de sal. No mangue podemos encontrar 3 espécies principais de vegetação (Paulo Jubilut, 2021).

- Mangue Vermelho (Rhizophoramangle): também conhecido como sapateiro, pois quando sua casca é raspada, apresenta uma cor avermelhada típica da espécie. A respiração dessa planta é feita através de rizóforos, que também auxiliam a sua sustentação. Nesse tipo de raízes (pneumatóforas), há estrutura especiais (lenticelas), cuja função é a respiração. Essa espécie se reproduzes através de sementes (propágulos) que germinam ainda presas à planta mãe, aumentando as chances da espécie se propagar.
- Mangue Branco, tinteira (Laguncularia racemosa): é uma árvore pioneira nativa e típica do manguezal brasileiro, encontrada no interior do mangue e na transição para a floresta de restinga, situa-se mais distante da área alagada dos manguezais, situando-se mais próximo da terra firme, apresenta raízes aéreas com mecanismos fisiológicos que permitem a respiração. Sua altura pode chegar a 10 metros de altura.
- Mangue Preto (Avicennia schaueriana): essa é uma espécie arbórea nativa brasileira que ocupa um substrato aquático-terrícola, podendo atingir até 25 metros de altura. Essa espécie apresenta suas raízes, que são chamadas de pneumatóforos que notoriamente pode se observar fora do solo, se diferenciando das outras espécies. Essas estruturas dos pneumatóforos realizam trocas gasosas com o meio, mesmo nesse ambiente alagado, apresentando também estruturas foliares especializadas, denominadas popularmente de “glândulas de sal que excretam o sal que é absorvido pela planta. Também são bioindicadores de poluição dos manguezais por metais pesados, como cromo, cobre, chumbo e zinco.

Esses tipos de vegetação gostam de se desenvolver em locais com alto índice pluviométrico e com altas temperaturas, ou seja, quentes e úmidos, assim sendo trata-se do ambiente propício para o desenvolvimento dessas espécies encontradas no mangue, esse solo é constantemente alagado e muito pobre em oxigênio, permite assim, que essas espécies se adaptam a essa constante mudança e com suas raízes consigam absorver todas as substâncias necessárias para a sua manutenção (ESCOBAR, 2022).

Dessa forma, as plantas presentes nesse ecossistema apresentam mecanismos que exalam uma parte do sal que foi absorvido junto a água e também defesas em suas folhas que não deixam essa substância acumular na superfície.

Além de abrigar diferentes formas de vida, essas regiões costeiras oferecem inúmeros serviços ecossistêmicos de grande importância (DUGAN, 1992; SHAEFFER-NOVALLI et al., 2005; SHAEFFER-NOVALLI, 2016; PINHEIRO E TALAMONI, 2018). Os manguezais são importantes para a manutenção do equilíbrio ambiental, para o clima do nosso planeta e sobre tudo para as populações que tiram dele o seu sustento, o que torna a sua conservação necessária e urgente, tendo em vista as altas taxas de degradação desse ecossistema, em todo o mundo. Entre essas importantes funções ressaltam-se (PAULA e PILATTI, 2021):

1. Os serviços de Provisão: ou seja, a produção de alimentos como: peixes, moluscos, carnicicultura.
2. Serviços de suporte: Formação e estabilização do solo/substrato; exportação de biomassa; ciclagem de nutrientes; dispersão de sementes (diásporas); conectividade da paisagem; manutenção da biodiversidade; base de cadeias alimentares estuarianas e marinhas; reprodução e abrigo de muitas espécies animais.
3. Serviços de Regulação: Controle de erosão (retenção de sedimentos); anteparo para o avanço da maré e controle de inundações; estoque de carbono; estabilidade geotécnica; purificação e armazenamento da água; retenção de contaminantes; transformação de matéria orgância em nutrientes para o meio.
4. Serviços culturais: Recreação; valor educacional; valores de bem-estar; beleza cênica; conservação da paisagem.

Os manguezais vêm sendo degradados e extintos devido à forte pressão antrópica exercida pela urbanização desenfreada das regiões litorâneas, principalmente em regiões metropolitanas brasileiras que se desenvolvem próximas ao litoral, onde a capital é costeira ou muito próxima da costa (Souza et al., 2018). Paranaguá é um exemplo claro deste avanço: além do município ser próximo a capital - Curitiba tem em seu território uma importante atividade portuária, que altera a paisagem e influência no crescimento urbano como um todo (CANEPARO, 1999; LANA, et al., 2001; LANA, 2004; SOARES, 2009).

3. MANGUEZAIS EM PARANAGUÁ

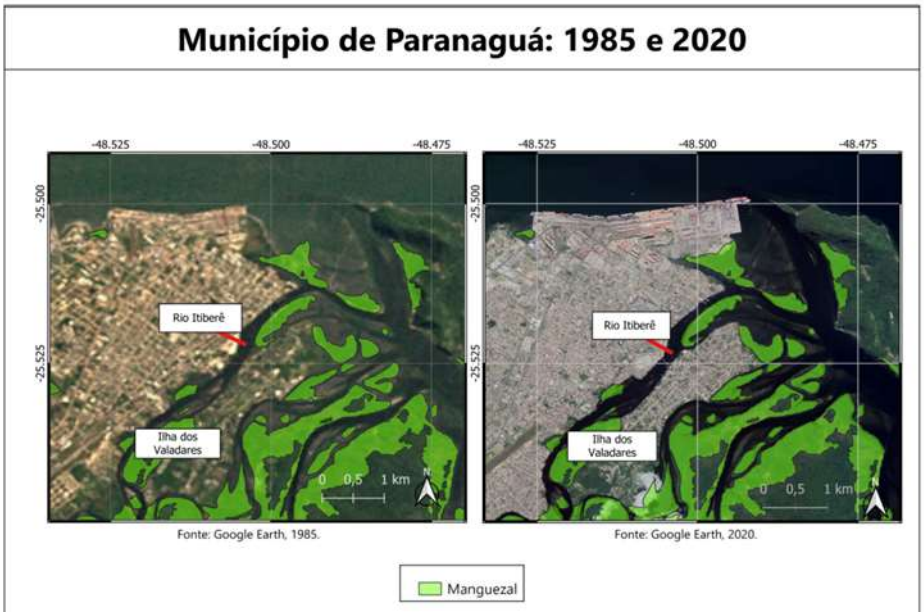
Os manguezais são classificados, pela legislação ambiental, como Áreas de Preservação Permanente (APP), por se tratar de um ecossistema de grande importância para a manutenção da biodiversisdade.

Bastante ameaçado pelo avanço deseordenado das ocupações das cidades, os mangues servem como uma espécie de berçário para diversas espécies.

Comparando os anos de 1985 e 2020 – Figura 1, observa-se a crescente expansão de moradias em torno das áreas de manguezais, desobedecendo as leis e acarretando sérios problemas a esse ecossistema. É possível observar sobre o agravamento do problema nos últimos anos, com avanço de construções irregulares sobre as áreas de manguezais.

A área urbana de Paranaguá tem apresentado uma acelerada na expansão espacial, avançando sobre as restingas e manguezais adjacentes, principalmente devido aos ciclos econômicos recentes e o progressivo na reativação do porto, a partir da 2ª metade do século passado. Este crescimento tem gerado situações de expansão social na cidade, com a ocupação de áreas de proteção permanente, lentidão na implantação de saneamento básico, problemas de prestação de serviços essenciais e degradação ambiental generalizada (COSTA et al., 1999; GODOY 1999).

Figura 1 – Manguezais em Paranaguá/PR



Os principais tensores identificados, em ordem decrescente de importância se consideradas as áreas totais ou diretamente afetadas, são a degradação dos manguezais, o desmatamento para expansão urbana, o desmatamento para expansão industrial, a especulação imobiliária e outros riscos potenciais.

Sobre a degradação dos manguezais, de acordo com a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a coleta de esgoto no Brasil alcança

apenas 53% dos domicílios. A exemplo, três grandes classes de pressão antrópica (PAULA e PILATTI, 2021):

- Entulhos: material de construção e variados tipos de móveis descartados;
- Manilha: lançamento de efluentes domésticos sem tratamento;
- Lixo domiciliar: lixos domésticos descartados em qualquer lugar, quando chove são carregados e despejados para bueiros ou até mesmo direto para os rios.

Essa iniciativa consistiu no plantio de 80 modas de mangue vermelho (Rhizophoramangle) em uma área de 60m² na margem oeste do rio Itiberê próximo à cabeceira da passarela da Ilha dos Valadares. Essa ação ambiental reforça o compromisso com a conservação dos manguezais em Paranaguá (AGORA LITORAL, 2023).

Em março do ano de 2023 foi instituída pela Lei Municipal 3602/2016, foi celebrado o Dia do Rio Itiberê, em Paranaguá, com intuito de elucidar a população sobre a importância desse curso de água (PARANAGUÁ, 2023).

Em comemoração a essa data os órgãos responsáveis representados pelas secretarias municipais do Meio Ambiente (SEMMA), de Urbanismo (SEMUR), do Instituto Água e Terra (IAT), mudas de mangue foram produzidas na Secretaria do Meio Ambiente, em uma ação conjunta com esses órgãos ambientais, realizaram o plantio dessas mudas, iniciando assim, um processo de restauração desse ecossistema que ao longo dos anos vem sofrendo com o processo de degradação pela ação antrópica (INSTITUTO ÁGUA E TERRA, 2023).

Sobre o desmatamento para expansão urbana, característica predominante na área de Paranaguá, com a expansão de bairros populares, habitados por populações de baixa renda, na periferia dos núcleos urbanos, é a principal causa da degradação dos manguezais regionais. Associados a essa pressão, estão os efeitos da poluição por esgotos e ou por lixos sólidos.

Os bairros que são banhados pelo Rio Itiberê e possuem uma área significante de mangue, ao longo dos anos foram sofrendo grandes transformações, onde diminuía-se essas áreas de preservação e passaram a ser aterradas e a receber construções e isso foi se entendendo à quilômetros.

Sobre o desmatamento para expansão industrial, associado com os decorrentes impactos de obras portuárias ou uma rede de serviços principalmente de energia elétrica, obras que envolvem a alteração do substrato por meio de dragagens e aterros e a poluição por produtos químicos, principalmente fosfato, na região portuária (ANTUNES, MORNAV, 2021).

Sobre a especulação imobiliária, associada ao desenvolvimento turístico, principalmente nos balneários da planície costeira. Os impactos principais se dão com construção de marinas e com a implantação de pequenos e médios aterros para a construção civil ou para a contenção de bordas de canais, principalmente no Município do Pontal do Paraná (IPARDES/BDE, 2011).

Por fim, os riscos potenciais compreendem usos projetados para a aquicultura, ainda incipiente na região, desmatamento para exploração de madeira e terras para plantio, também incipientes, a não ser na proximidade dos núcleos urbanos, possibilidade de contaminação por petróleo, seus derivados e fertilizantes, devido à presença do Porto e de terminais de combustíveis, além da contaminação por metais pesados e outros poluentes, principalmente defensivos agrícolas. A intensificação recente ddo plantio de gengibre que exige aplicação intensiva de defensivos, nas áreas a montante da baía, pode ser uma fonte adicional de pertubações para os manguezais regionais e seus recursos renováveis (PAULA e PILATTI, 2021).

CONCLUSÃO

Os manguezais de Paranaguá desempenham um papel importante na manutenção da saúde ambiental e da biodiversidade local, oferecendo serviços ecossistêmicos essenciais, como a proteção contra a erosão e o sequestro de carbono. No entanto, esses ecossistemas enfrentam sérias ameaças devido à poluição e à expansão das atividades urbanas, o que compromete sua integridade.

O presente trabalho destaca a importância de estratégias de preservação eficazes e da integração entre desenvolvimento econômico e conservação ambiental, visando garantir a sustentabilidade desses ecossistemas e a qualidade de vida das comunidades que dependem deles.

REFERÊNCIAS

AGORA LITORAL. Ação ambiental marca o Dia do Rio Itiberê. 27 nov. 2023. Disponível em: https://agoralitoral.com.br/cidades/paranagua/acao-ambiental-marca-o-dia-do-rio-itibere/#google_vignette. Acesso em: 22 dez. 2024.

ANTUNES, Breno; MORVAN, Izabela. Entre mangues e navios: destruição e impactos ambientais causados pelo Porto de Paranaguá. 2021. Disponível em: https://jornalcomunicacao.ufpr.br/entre-mangues-e-navios-a-destruicao-e-os-impactos-ambientais-causados-pelo-porto-de-paranagua/. Acesso em: 22 dez. 2024.

CANEPARO, S. C. Análise da dinâmica espacial e dos impactos ambientais causados pela ocupação antrópica em áreas de manguezais de Paranaguá – Paraná, através de técnicas de geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 10. (SBSR)., 2001, Foz do Iguaçu. Anais.. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 561- 566. CD-ROM, On-line. ISBN 85-17-00016-1. Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/lise/2001/09.19.09.02>.

COSTA, Laura J. M. et al. Diagnóstico socioambiental da cidade de Paranaguá -1995. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 1999. 47p.

DUGAN, P. J. Conservación de Humedales: un análisis de temas de actualidad y acciones necesarias. 1ª ed. Gland: IUCN, 1992.

ESCOBAR, Herton. Recheados de "carbono azul", manguezais ganham destaque no combate às mudanças climáticas. Jornal da USP, 16 dez. 2022. Disponível em: https://jornal.usp.br/ciencias/recheados-de-carbono-azul-manguezais-ganham-destaque-no-combate-as-mudancas-climaticas/. Acesso em: 22 dez. 2024.

GODOY, A. M. G. Os impactos socioambientais na expansão do porto de Paranaguá frente à maior inserção do Brasil no mercado internacional. In: MEIO ambiente e desenvolvimento no litoral do Paraná: diagnóstico. Curitiba: UFPR, 1998. p. 231-235.

HERZ, R. Manguezais do Brasil. Instituto Oceanográfico. Universidade de São Paulo, 1991. São Paulo, 227 p.

INSTITUTO ÁGUA E TERRA. Instituto Água e Terra promove ações culturais e sustentáveis na Semana do Meio Ambiente. 02 jun. 2023. Disponível em: https://www.iat.pr.gov.br/Noticia/Instituto-Agua-e-Terra-promove-acoes-culturais-e-sustentaveis-na-Semana-do-Meio-Ambiente. Acesso em: 22 dez. 2024.

IPARDES/BDE. Banco de dados do Estado [População, Domicílios].Curitiba: 2011. Disponível em www.ipardes,gov.br. Acesso em: 22 dez. 2024.

LANA, P. C.; MARONE, E; LOPES, R. M.; E. C. MACHADO. The subtropical estuarine complex of Paranagua Bay, Brazil. Ecological Studies, v.144, p. 131-145, 2001

LANA, P.C. Novas formas de gestão dos manguezais brasileiros: a Baía de Paranaguá como estudo de caso. Desenvolvimento e Meio Ambiente,v. 10, p. 169-174, 2004.

MAJOR, ISTVÁN. Manguezal. Ceará: Demócrito Rocha. Fortaleza, 2002. 48p.

NANNI, H. C.; NANNI, S. M.; SIGNINI, R. C. 2005. A importância dos manguezais para o equilíbrio ambiental. II Simpósio Internacional de Ciências Integradas Da UNAERP campus Guarujá.

PAULA, Eduardo Vedor de; PILATTI, Daiane Maria; et al. Saúde dos manguezais de Paranaguá: um olhar para os bosques antropizados. Curitiba: Universidade Federal do Paraná, 2021. 44 p.

PARANAGUÁ. Ação ambiental conjunta marca o Dia do Rio Itiberê. 24 nov. 2023. Disponível em: https://www.paranagua.pr.gov.br/noticias/noticia2887.html. Acesso em: 22 dez. 2024.

PINHEIRO, M. A. A.; TALAMONI, A. C. B. Educação Ambiental sobre Manguezais. São Vicente: UNESP, Instituto de Biociências, Câmpus do Litoral Paulista, 2018

SCHAEFFER-NOVELLI, Y. Sistema manguezal. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo. 2016.

SCHAEFFER-NOVELLI, Y., CINTRÓN, G., CUNHA-LIGNON, M.; COELHO-JR., C. A conceptual hierarchical framework for marine coastal management and conservation: a Januslike approach. Journal of Coastal Research, Special Issue 42:1-7, 2005.

SOARES, C. R. Os portos de Paranaguá (PR) e Itajaí (SC): Análise comparativa das suas relações com as cidades de inserção, da estrutura operacional atual e das condições sócioambientais das regiões de entorno. Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná, 2009.

SOUZA, C.A.; DUARTE, L.F.A.; JOÃO, M.C.A. & PINHEIRO, M.A.A. 2018. Biodiversidade e conservação dos manguezais: importância bioecológica e econômica, Cap. 1: p. 16-56. In: Pinheiro, M.A.A. & Talamoni, A.C.B. (Org.). Educação Ambiental sobre Manguezais. São Vicente: UNESP, Instituto de Biociências, Câmpus do Litoral Paulista, 165 p.

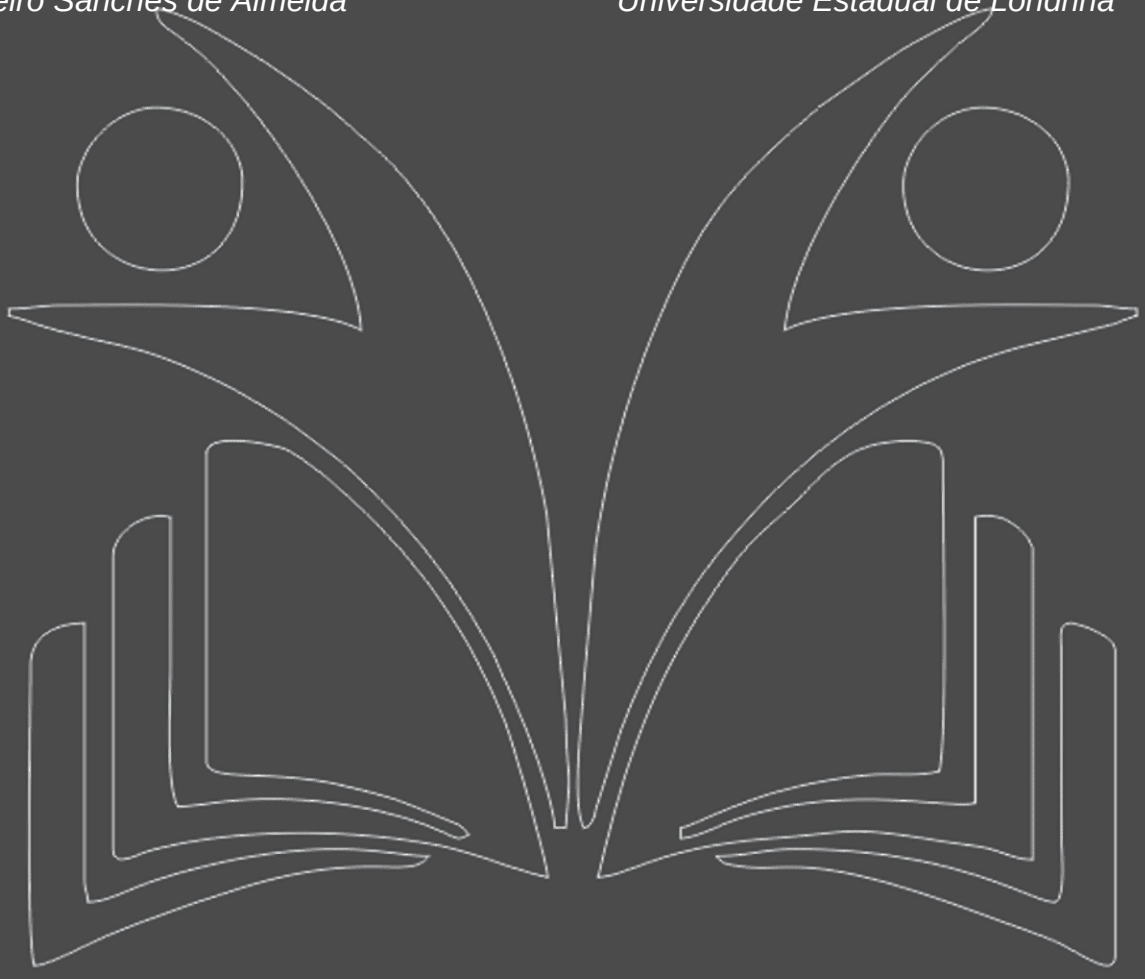
Capítulo 5

10.37423/241209519

SUGARCANE: INTERACTIONS WITH ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI AND PLANT GROWTH-PROMOTING BACTERIA

Luiz Henrique Campos de Almeida — *Universidade Estadual de Londrina*

Paula Pinheiro Sanches de Almeida — *Universidade Estadual de Londrina*



1. SUGARCANE

Brazil maintains its position as a global leader in sugarcane production, establishing itself as a powerhouse in agribusiness, particularly in the biofuels sector. This prominence is due to its high potential for ethanol production and its derivatives. In addition to sugar and ethanol, sugarcane mills harness the energy efficiency of bagasse, which is used for electricity generation, not only reducing operational costs but also contributing to the sector's sustainability (CONAB, 2024). The cultivated area for sugarcane is approximately 8.63 million hectares, with an average productivity estimated at 79.953 tons per hectare. Despite the increase in planted area, there was a 3.3% decrease in production compared to the previous season, mainly due to adverse climatic conditions that affected crop productivity (CONAB, 2024).

Brazil accounts for 40% of the global sugar market, maintaining its position as the world's largest exporter. This growth in demand is linked to global population growth and crop failures in other producing countries, such as China, strengthening Brazilian exports and impacting the ethanol market (ÚNICA, 2017).

In ethanol production, Brazil ranks second globally, behind the United States, which uses corn for production. The combination of Brazil's favorable soil and climate conditions with its accumulated expertise in ethanol production places the country at an advantage compared to others. In addition to ethanol, sugar, and energy production, sugarcane is utilized by small-scale producers to manufacture cachaça and rapadura, as well as serve as animal feed (MARIN & NASSIF, 2013).

In recent years, the search for alternatives to agricultural fertilizers, especially non-renewable ones like phosphorus, has intensified. Phosphorus is an essential nutrient for plants, and its scarcity has raised concerns about sustainable supply (CORDELL & WHITE, 2011; OWEN et al., 2015). One alternative is the use of microorganisms, such as Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF), which establish a mutualistic symbiosis with the roots of more than 80% of plants, many of agronomic interest. This interaction enhances nutrient and water uptake, increases resistance to environmental and biotic stresses, and improves plant survival (BERBARA et al., 2006; VARMA, 2008). Additionally, the inoculation of diazotrophic bacteria, such as Azospirillum, can be an effective solution to improve nitrogen utilization, a significant challenge in agriculture (SCHULTZ et al., 2012).

According to Urquiaga (2012), biological nitrogen fixation (BNF) is promoted by bacteria that convert atmospheric nitrogen into a form assimilable by plants. Research has shown that over 60% of the

nitrogen absorbed by sugarcane plants can come from these bacteria. Azospirillum is one of the most studied bacteria for this purpose, widely used as an inoculant with promising results in improving plant development and productivity. Brazil's fertilizer market heavily depends on imports, making it crucial to seek alternatives to reduce costs and increase input efficiency. In this context, microorganisms play a strategic role in boosting productivity and reducing costs (MARIN & NASSIF, 2013).

2. SUGARCANE NUTRITION

Sugarcane nutrition is influenced by various factors, such as soil characteristics, cultivated varieties, farming methods, and fertilizer use. These factors can lead to significant variations in nutrient extraction. Maeda (2009) observed that, for sugarcane, the order of macronutrient extraction is: K > N > Ca > Mg > S > P. Oliveira et al. (2010) reported average nutrient extraction values in sugarcane aerial parts as 179 kg ha^{-1} of N, 325 kg ha^{-1} of K_2O, 226 kg ha^{-1} of Ca, and 87 kg ha^{-1} of Mg, resulting in the following decreasing order: K > Ca > N > Mg > P. Franco et al. (2007) confirmed similar values for the SP81-3250 variety, with the nutrient accumulation order being: K > N > Ca > S > Mg > P.

According to Raij et al. (1996), adequate nutrient levels in sugarcane leaves are: N (18-25 g kg^{-1}), P (1.5-3.0 g kg^{-1}), K (10-16 g kg^{-1}), Ca (2-8 g kg^{-1}), Mg (1-3 g kg^{-1}), and S (1.5-3.0 g kg^{-1}). Meanwhile, Malavolta (2006) proposed critical levels for sugarcane: N (16 g kg^{-1}), P (1.2 g kg^{-1}), K (12 g kg^{-1}), Ca (4 g kg^{-1}), Mg (2 g kg^{-1}), and S (2 g kg^{-1}).

Fertilization significantly impacts sugarcane quality, especially nitrogen use. While nitrogen is essential for vegetative growth, excessive amounts can reduce sugar concentration in stalks (KORNDORFER, 1994). Nitrogen availability in tropical and subtropical soils is a challenge since this nutrient is often in forms plants cannot absorb, requiring conversion (FRANCO & DÖBEREINER, 1994). In this context, nitrogen-fixing bacteria have been studied as viable alternatives.

Studies indicate that nitrogen requirements to produce one ton of sugarcane per hectare can range from 0.92 to 1.80 kg of N (ORLANDO FILHO et al., 1980; COLETI et al., 2006; TASSO JUNIOR et al., 2007; FRANCO et al., 2008). This variation partly arises from genetic differences among sugarcane varieties, which extract and export N differently, with variations up to 40% (OLIVEIRA et al., 2010).

Sugarcane's response to nitrogen fertilizers is more evident in ratoon cane, and nitrogen accumulation in plants can exceed the amount applied. This has led to research on the potential of biological nitrogen fixation as a nitrogen source for sugarcane (DOBEREINER, 1961). It is estimated that BNF can contribute at least 40 kg ha^{-1} of nitrogen to sugarcane (URQUIAGA et al., 2012).

3 BIOLOGICAL NITROGEN FIXATION (BNF) IN SUGARCANE CULTIVATION

Biological nitrogen fixation (BNF) is the process by which microorganisms, such as diazotrophic bacteria, convert atmospheric nitrogen into a form assimilable by plants. This interaction occurs in the plant rhizosphere and is influenced by the plant genotype, which provides a conducive environment for symbiosis by supplying nutrients like sucrose, fructose, and glucose to the bacteria in exchange for nitrogen (REIS et al., 2000).

Several studies (BODDEY et al., 2001; JAMES, 2000; PERIN et al., 2006) show that the interaction between sugarcane and nitrogen-fixing bacteria can lead to high productivity without the need for commercial fertilizers. BNF also promotes benefits such as increased production of indoleacetic acid (IAA), elevated soil organic carbon content, and enhanced retention of essential nutrients (BODDEY et al., 2001).

Among diazotrophic bacteria, Azospirillum stands out for promoting plant growth by establishing a mutualistic relationship with roots. Its inoculation has demonstrated significant benefits, including increased biomass and crop productivity (Moutia, 2010). Bacteria of the Azospirillum genus, such as Azospirillum brasiliense, are particularly effective in enhancing the growth of sugarcane plants through various interactions.

4 PHOSPHORUS

Primarily associated with energy storage and transport, phosphorus (P) is among the essential macronutrients for plant metabolism (EPSTEIN & BLOOM, 2006). Korndörfer (2004) highlights phosphorus's role in protein formation, cell division, photosynthesis, respiration, sugar breakdown, and sucrose formation. In sugarcane cultivation, adequate phosphorus levels are crucial for early development, high yields, longer crop longevity, and higher concentrations of soluble solids, as it supports root growth, tillering, and consequently improves water and nutrient absorption (LOPES, 1989; SANTOS, 2011).

Bastos et al. (2008) state that, compared to other macronutrients, phosphorus is required in smaller quantities. However, due to the characteristics of tropical soils, plants show low phosphorus absorption efficiency and a low recovery rate of phosphate fertilizers, ranging from 5% to 25% (YANG et al., 2015; MALUF et al., 2018). According to Sanches & Salinas (1981), approximately 82% of agricultural soils in tropical regions are phosphorus-deficient.

The low utilization of P in these soils is associated with the predominance of 1:1 clays and iron/aluminum oxides, minerals with a high capacity for phosphorus fixation and adsorption. Besides soil mineralogy, adsorption is affected by organic matter content, calcium, aluminum, pH, and trivalent iron levels (SANCHEZ & UEHARA, 1980). Phosphorus in soil is categorized by the nature of the compound it binds to, characterized as organic or inorganic (GATIBONE, 2003). Based on its interaction with soil, phosphorus is classified as labile when weakly adsorbed and/or available in the soil solution. Strongly adsorbed forms are considered non-labile, making them unavailable to plants. Given the complexity of phosphorus dynamics in soil, applying phosphate fertilizers via organic or mineral sources is recommended to meet plants' nutritional demands (CAIONE et al., 2015).

Research by Novais & Smyth (1999) confirmed that phosphorus has low mobility in soil, averaging a movement of 0.013 mm dm^{-1}. Consequently, they recommended ensuring phosphorus presence in the layers most exploited by the root system. Phosphate application over the entire area facilitates absorption in soils with low P levels (VITTI & MAZZA, 2002). Miranda & Miranda (2003) advocate combining corrective applications over the entire area with maintenance applications in planting furrows to increase productivity. Lana et al. (2004) emphasize the need for new studies and methodologies for phosphate fertilization, focusing critically on the sources used, timing of application, and fertilizer placement to optimize macronutrient use by plants.

Unlike in soil, phosphorus within plants is highly mobile. During nutritional deficiency, phosphorus moves from older tissues to newer ones, enabling visual identification of P deficiency (TOMAZ, 2009).

5 ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI (AMF)

For over four decades, arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) have been a focal point in agronomic research due to their functionality, particularly in phosphorus uptake by plants (Koide & Mosse, 2004). These fungi form arbuscular mycorrhizas (AM), a common association in nature involving over 80% of terrestrial plants and existing for more than 460 million years (INVAM, 2012). Redecker et al. (2013) recently classified AMF into 18 genera, 8 families, 4 orders, and one class, totaling approximately 270 arbuscular mycorrhizal species (excluding the Geosiphon genus, which does not form arbuscular mycorrhizas) (SILVA et al., 2014).

Although AMF are present in most plant species and natural ecosystems, most research has focused on their mutualistic relationships with major crops and forage plants for livestock (KOIDE & MOSSE, 2004; SMITH & READ, 2008). In symbiosis with plants, AMF acquire carbohydrates for spore production

and vegetative growth (SMITH & READ, 2008). This symbiosis ensures greater nutrient absorption, especially less mobile nutrients like phosphorus (P) and water. Sturmer and Siqueira (2013) estimate that this association can account for up to 80% of P uptake by plants.

According to Lambais (2006) and Cruz et al. (2008), AMF colonization in plant roots triggers numerous molecular and cellular reactions, potentially driving morphofunctional interactions between fungi and plant cells. Generally, the symbiosis of AMF in plant nutrition and vegetative development is emphasized due to its importance in nutrient absorption mechanisms, such as phosphorus (P), copper (Cu), and zinc (Zn) (BONFANTE, 2003; SMITH & SMITH, 2012; STÜRMER & SIQUEIRA, 2013). AMF inoculation also influences photosynthesis, antioxidant enzyme production, stomatal conductance, abscisic acid (ABA) production, and osmoregulation, offering enhanced protection against unfavorable environmental conditions and pathogens (OZTEKIN et al., 2013). Additionally, this symbiosis aids in soil structure maintenance and formation through glomalin production and extraradical hyphae (GADKAR et al., 2006; BEDINI et al., 2009).

6 SUGARCANE AND AMFS

Studies involving sugarcane and AMFs have been conducted worldwide. In Australia, for instance, Kelly et al. (2001) inoculated Rhizophagus clarus, extracted from a sugarcane plantation, with different phosphorus (P) doses in successive soybean, maize, and sugarcane crops. The results showed that AMFs aided the development of maize and soybean in a crop rotation system, and depending on the intensity of AMF propagules and soil P levels, fertilization could be omitted. In Pakistan, Nasim et al. (2008) observed that spore aggregation of three Glomus species led to increases in crop development and that AMF colonization in roots was aggravated by red rot disease.

The first studies on AMFs in Brazil were conducted by Andreola (1982) in a sugarcane field in São Paulo's countryside, identifying seven different AMF species. In a later study, Reis et al. (1999) evaluated AMF colonization in the roots of fourteen sugarcane cultivars across three growing regions in the states of Pernambuco and Rio de Janeiro, identifying eighteen AMF species.

Most studies on AMFs and sugarcane suggest a positive correlation between spore intensity and colonization, plant nutrition, and greater resistance to abiotic and biotic stresses. However, studies focusing on management strategies to enhance soil productivity, including the increase of native spore populations and improvements in production quality and quantity, are scarce. While several countries already have systems for producing commercial AMF inoculants, the production of this technology—

covering transport, handling, and crop establishment—is accessible mainly to nurseries (FERREIRA, 2016).

7 INTERACTIONS BETWEEN PHOSPHORUS AND ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI.

The high phosphorus (P) demand of plants is often a growth-limiting factor, especially in tropical soils, where the availability of this nutrient is reduced due to fixation by soil constituents (YANG et al., 2015; SMITH & READ, 2008). The relationship between phosphorus and arbuscular mycorrhizal fungi (AMFs) is fundamental for plants to absorb this nutrient more efficiently. The formation of arbuscular mycorrhizae in roots facilitates the acquisition of phosphorus available in the soil solution. In its inorganic form, phosphorus is absorbed by fungal hyphae, which transport it to plant cells in exchange for carbohydrates through symbiosis (ROCHA, 2008).

The symbiotic interaction between AMFs and plants is particularly important in soils with low phosphorus availability, where phosphorus forms are less accessible. Mycorrhiza formation improves phosphorus absorption by plant roots, contributing to crop growth and productivity. Studies show that when plants receive phosphorus more efficiently, they exhibit better growth and productivity responses (REIS et al., 2008).

These interactions are of great importance in sustainable agricultural practices, as they can reduce the need for chemical fertilizers and increase the efficiency of phosphorus use in the soil (SMITH & READ, 2008).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREOLA, F. Micorrizas vesiculares-arbusculares em cana-de-açúcar. 1982. 74 p. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP (Dissertação), 1982.

BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C.; SOUT, J. S. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.12, n.2, p.136-142, 2008.

BEDINI, S.; PELLEGRINO, E.; AVIO., L; BAZZOFFI, P.; ARGESE, E. e GIOVANETTI, M. Changes in soil aggregation and glomalin related soil proteion content as affected by arbuscular mycorrhizal fungal species Glomus mosseae and Glomus intraradices. Soil Biol. Biochem., v.41, p. 1491-1496, 2009.

BERBARA, R. L. L.; SOUZA, F. A. e FONSECA, H. M. A. C. Fungos Micorrízicos arbusculares: Muito além da nutrição. In: FERNANDES, M. S (ed). Nutrição Mineral de Plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 53 – 88

BODDEY, R. M.; POLIDORO, J. C.; RESENDE A. S.; ALVES, B. J. R.; URQUIAGA, S. Use of the 15N natural abundance technique for the quantification of the contribution of N2 fixation to grasses and cereals. Australian Journal of Plant Physiology, Australia, v. 28, p. 889-895, 2001.

BONFANTE, P. Plants, mycorrhizal fungi and endobacteria: a dialog among cells and genomes. Biological Bulletin v.204, p. 215-220, 2003.

CAIONE G.; PRADO, R. M.; CAMPOS, C. N. S.; RODRIGUES, M.; PAVINATO, P.S.; AGOSTINHO, F.B. Phosphorus Fractionation in Soil Cultivated with Sugarcane Fertilized by Filter Cake and Phosphate Sources, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2015.

COLETI, J.T.; CASAGRANDE, J.C.; STUPIELLO, J.J.; RIBEIRO, L.D.; OLIVEIRA, G.R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em Argissolos,variedades RB83486 e SP81-3250. STAB, São Paulo, v. 24, p. 32-36, 2006.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB – Produção de cana-de-açúcar é estimada em 689,8 milhões de toneladas na safra 2024/2025." Publicado em 22 de agosto de 2024.6(2). Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 18 Nov. 2024.

CORDELL D., WHITE S. Peak phosphorus: clarifying the key issues of a vigorous debate about long-term phosphorus security. Sustainability 3, 2027–2049. 10.3390/su3102027, 2011.

CRUZ, C.; CORREIA, P.; RAMOS, A.C.; CARVALHO, L.; BAGO, A.; KLIRONOMOS, J.; MARTINS-LOUÇÃO, M.A. Arbuscular mycorrhiza in plant physiological morphological adaptations. In: Ajit, V, Ed. Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Fuction, Biotechnology, Eco-physiology, Strutucture and Systematics. Heidelberg, Springer-Verlag, 733-754, 2008.

DÖBEREINER, J. Nitrogen-fixing bacteria of the genus Beijerinckia Derx in therhizosphere of sugar cane. Plant and Soil, [S.I.], v. 15, p. 211-216, 1961.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas. Londrina: Editora Planta. 403p. 2006.

FRANCO, A. A.; DÖBEREINER, J. A biologia do solo e a sustentabilidade dos solos tropicais. Summa Phytopathológica, Jaguariuna-SP, v. 20, n. 1, p. 68-74, 1994.

FRANCO, H. C. J.; BOLONGA, I. R.; FARONI, C. E.; VITTI, A. C.; TRIVELIN, P. C.O. Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio. Bragantia, v. 66, p. 669-674, 2007

FRANCO, H. C. J.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OTTO, R.; FARONI, C. E.; SARTORI, R. H.; TRIVELIN, M. O. Acúmulo de nutrientes pela cana-de-açúcar. STAB, São Paulo, v. 26, p. 47-51, 2008.

GADKAR, V.; DRIVER, J.D. e M.C. RILLING. A novel in vitro cultivation sustem to produce and isolate soluble factors released from hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. Biotechnol. Lett., v.28, p.1071-1076, 2006.

GATIBONI, L.C. Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas. 2003, 231 p. Tese (Doutorado em Biodinâmica dos Solos) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

INVAM (International Culture Collection of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi). Culture Methods. Disponível em:< https://invam.wvu.edu/> Acesso em 25 de janeiro de 2018.

JAMES, E. K. Nitrogen fixation in endophytic and associative symbiosis. Field Crops Research, [S.I.], v. 65, p. 197-209, 2000.

KELLY, R.M. et al. Responses of sugarcane, maize, and soybean to phosphorus and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Australian Journal of Agricultural Research, v.52, p.731-743, 2001

KOIDE, R.T. e MOSSE, B. A history of research on arbuscular mycorrhiza. Mycorrhiza, 14:145-163, 2004

KORNDÖRFER, G. H.; VALLE, M. R.; MARTINS, M.; TRIVELIN, P. C. O. Avaliação do nitrogênio da uréia pela cana-planta. Revista Brasileira de Ciências do Solo, [S.I.], v. 21, p. 223-226, 1997.

KORNDÖRFER, G.H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: FÓSFORO NA AGRICULTURA BRASILEIRA. Piracicaba, 2004. Anais... São Pedro: POTAFOS, p.291-305, 2004.

LAMBAIS, M.R. Unraveling the signaling and signal transduction mechanisms controlling arbuscular mycorrhiza development. Scientia Agricola, 63:405-413, 2006.

LANA, R.M.Q.; ZANÃO JÚNIOR, L.A.; KORNDORFER, G.H. e MACIEL JUNIOR, V.A. Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. STAB Açúcar, Álcool Subpr., 23:28-31, 2004

LOPES, A.S. Manual de Fertilidade do Solo. Trad. e adapt. De soil Fertiliy manual. Piracicaba: 1989

MAEDA, A. S. Adubação nitrogenada e potássica em socas de cana-de-açúcar come sem queima em solos de cerrado. 2009. 110f. Tese de outorado (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia do Campus de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009

Malavolta, E. (2006). Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 638 p.

MALUF, H. J. G.; SILVA, CARLOS A.; CURI, N.; Norton, L. D.; ROSA, S. D. Adsorption, and availability of phosphorus in response to humic acid rates in soils limed with CaCO3 or MgCO3. CIÊNCIA E AGROTECNOLOGIA (ONLINE), v. 42, p. 1-14, 2018.

MARIN, F.; NASSIF, D. S. P. Mudanças climáticas e a cana-de-açúcar no Brasil: Fisiologia, conjuntura e cenário futuro. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.17, n.2, p.232-239, 2013.

MIRANDA, L.N.; MIRANDA, J.C.C. Efeito Residual da Adubação Fosfatada para a Cultura do Arroz em Solo de Cerrado. Comunicado Técnico 87. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Planaltina, DF, 2003.

Moutia, J. F. Y., Saumtally, S., Spaepen, S., & Vanderleyden, J. (2010). Plant growth promotion by Azospirillum sp. in sugarcane is influenced by genotype and drought stress. Plant and soil, 337, 233-242.

NASIM, G.; ALI, A.; MUNAWAR, A.; BAJWA, R. Seazonal dynamics of AM fungi in sugarcane (Saccharum officinarum L. CV. SPF-213) in relation to red rot (Colletotrichum falcatum) disease from Punjab, Pakitan, Pakistan Journal of Botany, 40(6): 2587-2600, 2008.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Fósforo em solos e planta em condições tropicais. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p

OLIVEIRA, E. C. A.; FREIRE, F. J.; OLIVEIRA, R. I; FREIRE, M. B. G. S.; SIMÕES NETO, D. E.; SILVA, S. A. M. Extração e exportação de nutrientes por variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 34, p. 1343-1352, 2010.

ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H. P.; ZAMBELLO JUNIOR, E. Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, variedade CB41-76, em função da idade, em solos do Estado de São Paulo. São Paulo: IAA, 1980

OZTEKIN, G.B.; TUZEL, Y. e TUZEL, I.H. Does mycorrhiza improve salinity tolerance in grafted plants. Scientia Horticulturae, v.149, p. 55-60.2013

OWEN, D.; WILLIAMS, A.P.; GRIFFITH, G.W.; WITHERS, P.J.A.Use of commercial bio-inoculants to increase production through improved phosphorus acquisition. Applied Soil Ecology, Amsterdam, v.86, p.41-54, 2015.

PERIN, L.; MARTÍNEZ-AGUILAR, L.; CASTRO-GONZÁLEZ, R.; ESTRADA-DELOS-SANTOS, P.; CABELLOS-AVELAR, T.; GUEDES, H. V.; REIS, V. M.; CABALLERO-MELLADO, J. Diazotrophic Burkholderia species associated with field-grown maize and sugarcane. Applied and Environmental Microbiology, [S.I.], v. 72, p. 3103-3110, 2006.

RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H. Milho para grão e silagem. In: RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLAN, A. M. C. (Ed.). Boletim técnico 100. Campinas: Instituto Agronômico, p. 56-59, 1996

REDECKER, D.; SCHÜßLER, A.; STOCKINGER, H.; STÜRMER, S.L., MORTON, J.B. e WALKER, C. An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). Mycorrhiza, v.23, n.7, p. 515-531, 2013.

REIS JÚNIOR, F. B., SILVA, L. G. da, REIS, V. M., DÖBEREINER, J., Ocorrência de Bactérias Diazotróficas em diferentes Genótipos de cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.35, n.5, p. 985-994, 2000.

SANCHEZ, P. A.; UHERA, G. Management considerations for acid soils with high phosphorus fixation capacity. In: Khasawneh, F. E.; Sample, E. C.; Kamprath, E. J. The role of phosphorus in agriculture. Madison: ASA; CSSA; SSSA, 1980. p. 471-514.

SANCHEZ, P.A. & SALINAS, J.G. Low-imput technology managing oxisols and ultisols in Tropical America. Advance Agronomy, New York, 34: 279-406, 1981.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, n.5, p.443–449, 2011.

SCHULTZ, N.; MORAIS, R.F. de; SILVA, J.A. da; BAPTISTA, R.B.; OLIVEIRA,R.P.; LEITE, J.M.; PEREIRA, W.; CARNEIRO JÚNIOR, J.B.; ALVES, B.J.R.; BALDANI, J.I.; BODDEY, R.M.; URQUIAGA, S.; REIS, V.M. Avaliação agronômica de duas variedades de cana-de-açúcar inoculadas com bactérias diazotróficas e adubadas com nitrogênio. Pesquisa Agropecuária Brasileira, [S.I.], v. 47, p. 261-268, 2012

SILVA, K.A.; GOTO, B.T.; OEHL, F.; SILVA, G.A.; NOBRE, C.P.; PEREIRA, C.M.R.; MELLO, C.M.A.; ASSIS, D.M.A.; MARINHO, F.; SILVA, I.R.; PONTES, J.S.; JOBIM, K.; VIEIRA, L.C.; SOUSA, N.M.F.; LIMA, R.A.A. e MAIA, L.C. Arbuscular mycorrhizal fungi: new records in Northeast Brazil. Bol. Mus. Biol. Mello Leitão, Vol. 36, p. 35-50, 2014.

SMITH, S.E. e READ, D.J. Mycorrhizal Symbiosis. Elsevier, Great Britain. 768 p, 2008

SMITH, S.E. e SMITH, F.A. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. Mycologia, v.104, n.1., p. 1-13, 2012.

STÜRMER, S.L. e SIQUEIRA, J.O. Fungos micorrízicos. In: MOREIRA, F.M.S.; CARES, J.E.; ZANETTI, R. e STÜRMER, S.L. Ecosistema Solo: Componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal. UFLA, Lavras, 352 p., 2013.

TASSO JUNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; CAMILOTTI, F.; SILVA, T. Extração e exportação de macronutrientes em cinco variedades de cana-de-açúcar cultivadas na região centro-norte do Estado de São Paulo. STAB, São Paulo, v. 25, p. 38-42, 2007.

TOMAZ, H. V. Q., Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de açúcar. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agrcultura Luiz de Queiroz, 2009. 93p

UNICA (União da Indústria da Cana-de-açúcar). Área plantada com cana-de-açúcar 2017. Disponível em: <http://www.unicadata.com.br/> Acesso em: janeiro de 2019.

URQUIAGA, S.; XAVIER, R. P.; MORAIS, R. F.; BATISTA, R. B.; SCHULTZ, N.; LEITE, J. M.; SÁ, J. M.; BARBOSA, K.P.; RESENDE, A. S.; ALVES, B. J. R.; BODDEY, R. M. Evidence from field nitrogen balance and 15N natural abundance data for the contribution of biological N2 fixation to Brazilian sugarcane varieties. Plant Soil, [S.I.], v. 356, p. 5-21, 2012.

VARMA, A. Mycorrhiza State of Art, Genetics and Molecular Biology, Eco-Function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics. Springer, Berlin, 797 p., 2008.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. Informações Agronômicas. Piracicaba: Potafós, 2002. 16p.

YANG, Y.R., HAN, X.Z., LIANG, Y., GHOSH, A., CHEN, J., TANG, M. The combinedeffects of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and lead (Pb) stress on Pbaccumulation plant growth parameters, photosynthesis, and antioxidantenzymes in Robinia pseudoacacia L. PLoS One 10, 1–24, 2015.

Capítulo 6

10.37423/241209529

AS DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE E OS SEUS IMPACTOS NA CONTEMPORANEIDADE

Ariosto Sparemberger	*UNIJUÍ-Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul*
Tarcisio Dorn de Oliveira	*UNIJUÍ- Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul*
Fernanda da Cunha Pereira	*UNIJUÍ- Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul*
Taciana Paula Enderle	*UNIJUÍ- Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul*
Daniel Claudy da Silveira	*UNIJUÍ- Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul*
Daniel Hedlund Soares das Chagas	*UNIJUÍ- Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul*
Giuliano Crauss Daronco	*UNIJUÍ- Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul*
Taritza Dorn de Oliveira	*Universidade Franciscana - UFN*
Franciele Zientarski Engerroff	*UNIJUÍ- Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul*

Resumo: É importante ter consciência sobre a forma como o mundo desenvolve-se, e, nesse contexto, o desenvolvimento sustentável torna-se um forte aliado para mitigar as problemáticas ambientais que degradam o planeta gradativamente, que são geradas a partir de ações com diferentes propósitos e interesses. Metodologicamente, este estudo estrutura-se, ao considerar os procedimentos, em uma revisão bibliográfica e pesquisa documental, tendo como objetivo refletir o desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente, posto que são aspectos indissociáveis e urgentes para a resolução de conflitos contemporâneos. Como resultados, percebe-se que o desenvolvimento sustentável se apresenta como um fator crucial de equilíbrio, permitindo que o progresso econômico caminhe lado a lado com o avanço social sem comprometer os recursos naturais ou as futuras gerações. Nota-se que o conceito de sustentabilidade engloba diversas dimensões, sendo aplicável a múltiplas esferas, como a social, que busca garantir justiça e inclusão; a ambiental, que visa à preservação dos ecossistemas; a econômica, que propõe crescimento responsável e eficiente no uso de recursos; e a cultural, que valoriza a diversidade e promove a continuidade de identidades e tradições; juntas, essas faces interagem de forma a criar uma base sólida para o bem-estar presente e futuro.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável. Meio Ambiente. Resolução de Conflitos. Contemporaneidade.

INTRODUÇÃO

O debate nos dias que se sucedem sobre assuntos relacionados à sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente, tornando-se cada vez mais importantes conforme o mundo vai se desenvolvendo e a globalização avançando, uma vez que, com isso, se aumenta o uso dos recursos naturais em escala global, tanto em países mais desenvolvidos quanto nos menos. Para Severo e Guimarães (2014), a importância de as questões ambientais entrarem em discussão intensificou-se a partir da década de 60 do século 20, pois a crença no desenvolvimento econômico ocasionou, também, questionamentos e argumentações acerca do uso irrestrito dos recursos naturais e dos perigos da poluição. Logo, desenvolvimento e sustentabilidade são antagônicos quando vistos de forma isolada; entretanto quando a evolução passa a ser de forma sustentável, acaba por mitigar as consequências negativas dos efeitos da poluição que degrada a qualidade de vida, além de ter impacto diretamente no equilíbrio do crescimento social.

A sustentabilidade possui relação intrínseca com todas as atividades humanas e é um requisito essencial para a manutenção da vitalidade dentro da sociedade, pois é ela que contribui para a harmonização do bem-estar humano. Iaquinto (2018) ressalta que é por existir a presença da sustentabilidade em todas as relações humanas que se originam as diversas “dimensões” dela, quando se tem por objetivo realizar um estudo de compreensão das suas mais diversas formas. A partir de cada perspectiva é possível observar que a efetividade dela é de suma importância para a manutenção da geração atual, satisfazendo suas necessidades sem comprometer a capacidade de recursos naturais das gerações futuras, uma vez que é crucial o equilíbrio para que possam existir.

O presente trabalho, portanto, tem como objetivo central refletir sobre o desenvolvimento sustentável e a preservação do meio ambiente, posto que são aspectos indissociáveis e urgentes para a resolução de conflitos contemporâneos, ao entender que o desenvolvimento sustentável possui duas grandes premissas – a responsabilidade com a geração atual e o compromisso com as futuras gerações. Metodologicamente, estudo conta, por meio dos procedimentos, com uma revisão bibliográfica e pesquisa documental que, a partir dos dados produzidos, realizam a interpretação das informações, mesclando-as de maneira a conseguir uma maior compreensão e aprofundamento sobre as temáticas abordadas. Ao considerar a interpretação dos dados, opta-se pela análise de conteúdo categorial constituída por quatro categorias vinculadas às dimensões da sustentabilidade, a saber: social, ambiental, econômica e cultural.

DESENVOLVIMENTO

Para Sachs (2008, 2009), o desenvolvimento sustentável tem um duplo imperativo ético de solidariedade sincrônica com a geração atual e de solidariedade diacrônica com as gerações futuras. De aspecto multidimensional, inicialmente o referido autor definiu cinco dimensões para a sustentabilidade, posto que, mais tarde, as ampliou para oito. Nesse momento serão apontados alguns entendimentos que remontam a dimensão social, ambiental, econômica e cultural, pois são aspectos indissociáveis e urgentes para a resolução de conflitos contemporâneos.

DIMENSÃO SOCIAL

A dimensão social está diretamente ligada à qualidade de vida das pessoas, considerando os benefícios essenciais da sociedade, tais como: moradia, saneamento, educação, saúde, igualdade social, justiça, inclusão e direitos humanos. Para Sachs (2009), a dimensão social é essencial e a principal motivação para a busca do desenvolvimento, especialmente devido ao potencial de disrupção social que afeta muitos países ao redor do mundo, estando intimamente ligada à valorização da redução das desigualdades sociais e ao desenvolvimento em suas diversas facetas, incluindo uma distribuição justa de renda, acesso a empregos plenos e autônomos, igualdade no acesso aos recursos e serviços sociais e a garantia de uma qualidade de vida adequada. Essa dimensão, portanto, tem como objetivo garantir que os avanços econômicos e ambientais beneficiem de forma justa e equitativa toda a sociedade, independente da classe social.

De acordo com Sachs (2008), o crescimento, mesmo que acelerado, não é sinônimo de desenvolvimento se ele não ampliar o emprego, se não reduzir a pobreza e se não atenuar as desigualdades. Ou seja, igualdade, equidade e solidariedade estão embutidas no conceito de desenvolvimento, com consequências de longo alcance para que o pensamento econômico sobre o desenvolvimento se diferencie do economicismo redutor. Ainda segundo Sachs (2008), abordando de forma mais detalhada, a dimensão social deve tratar da redução das desigualdades. Logo, é importante incluir todos os grupos sociais, especialmente os marginalizados e vulneráveis, garantindo que as políticas beneficiem equitativamente toda a população, sem discriminação ou exclusão, ao entender que a redução das desigualdades sociais e econômicas é essencial para o desenvolvimento sustentável.

Quando se trata da justiça social e da equidade, deve-se incluir o combate à pobreza, o acesso à educação, à saúde e a serviços essenciais, bem como a criação de oportunidades para todos é

fundamental para esse processo. A sustentabilidade exige uma distribuição equitativa de recursos, oportunidades e riqueza, ou seja, a desigualdade social é incompatível com o desenvolvimento sustentável. Sachs (2008) vê a educação como fundamental para a dimensão social da sustentabilidade, pois argumenta que o fortalecimento das capacidades individuais e coletivas é indispensável para enfrentar os desafios do desenvolvimento sustentável, posto que a educação deve servir como um meio de empoderamento, permitindo que as pessoas façam escolhas conscientes e participem ativamente na criação de um futuro mais sustentável.

O fortalecimento das comunidades locais vincula-se à participação ativa dessas nas decisões de desenvolvimento, assegurando que suas necessidades e perspectivas sejam consideradas. Leroy *et al.* (2002) consideram a importância do fortalecimento das organizações populares, sindicais e comunitárias. Para os autores, a redistribuição de recursos e de informações às instituições populares contribui para o aumento da capacidade de análise e para as tomadas de decisão. Nesse entendimento, esse envolvimento gera soluções mais eficazes e sustentáveis e fortalece a coesão social, promovendo o desenvolvimento humano de forma integral, o que inclui aspectos culturais, espirituais e sociais, além dos materiais.

Melhorar a qualidade de vida em aspectos materiais, saúde, educação e bem-estar social, leva em consideração a qualidade de vida como um indicador essencial do sucesso, refletindo tanto o acesso a bens e serviços quanto a satisfação e segurança das pessoas. De acordo com o WHOQOL Group (1995), a Organização Mundial da Saúde refere-se à qualidade de vida e à percepção que o indivíduo tem sobre sua posição na vida, considerando o contexto cultural e o sistema de valores em que está inserido, bem como seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações. Além disso, o crescimento das cidades e da população revela diversos problemas socioambientais e de saúde. Assim, a manutenção da qualidade de vida nas áreas urbanas torna-se desafiador, uma vez que o desenvolvimento sustentável deve garantir que as políticas de hoje não comprometam as futuras gerações, assegurando que elas também possam suprir suas próprias necessidades.

Torna-se claro que o desenvolvimento sustentável vai além do crescimento econômico, sendo necessário considerar as implicações sociais e ambientais, haja vista que, quando o desenvolvimento sustentável é planejado a partir destes três pilares, o resultado e as soluções encontradas serão mais assertivos. Sachs (2008) entende que um modelo de desenvolvimento que seja inclusivo e justo deve promover a equidade, considerando que sem justiça social e sem a erradicação da pobreza não há como alcançar um futuro sustentável equilibrado. Nessa perspectiva, é fundamental a criação de

políticas e práticas que integrem os aspectos do desenvolvimento econômico. Isso implica promover iniciativas que visem não apenas o crescimento econômico, mas também à justiça social e à preservação ambiental.

DIMENSÃO AMBIENTAL

O crescimento populacional, em conjunto com a ampliação das atividades industriais e agrícolas, tem exercido forte pressão sobre os recursos naturais e, desta forma, aumentado a demanda por água, alimentos, energia e solo. Sachs (2009) traz a concepção da capacidade de autodepuração dos ecossistemas naturais, nos quais a natureza tem um limite natural para absorver e neutralizar os impactos criados pelas atividades humanas. Ao considerar-se que os recursos naturais têm capacidade de constituir um desenvolvimento que não ultrapasse este limite, a consequência é proporcionar que o ecossistema se regenere e mantenha sua funcionalidade. Logo, o desenvolvimento sustentável deve levar em consideração os limites dos recursos naturais, observando o impacto ambiental das atividades humanas, com o propósito de garantir que as necessidades das gerações atuais sejam atendidas sem comprometer a capacidade das futuras gerações de atender às suas próprias necessidades.

Um dos recursos essenciais para o funcionamento da vida é a água, haja vista esta ser um recurso natural, finito e que, por isso, deve ser preservada. Para Silvão (2017), os ecossistemas aquáticos, por serem ambientes abertos que interagem diretamente com o meio circundante, são particularmente vulneráveis às atividades antrópicas. A avaliação da qualidade da água e da capacidade de autodepuração dos corpos hídricos é fundamental para a formulação de critérios adequados de uso e manejo desses recursos. Gonçalves *et al.* (2012) descrevem que o lançamento inadequado de efluentes não tratados em corpos hídricos interfere diretamente no restabelecimento do equilíbrio ecológico dos ecossistemas aquáticos, comprometendo os mecanismos naturais de autodepuração dos rios. Assim, a avaliação e o monitoramento dos recursos hídricos ante as fontes poluidoras são necessários para garantir a sustentabilidade das atividades realizadas nas bacias hidrográficas, preservando a integridade ambiental e assegurando o equilíbrio entre o uso econômico e a conservação dos recursos hídricos.

A preservação e a gestão dos recursos naturais e a busca por bioenergias, surgem como respostas inovadoras aos desafios impostos pela dependência de combustíveis fósseis, posto que essa questão se apresenta como alternativa na esfera ambiental e no desenvolvimento sustentável, pois a utilização

de combustíveis fósseis, em detrimento aos recursos renováveis, ainda é prevalente mundialmente. Jatoi *et al.* (2023) reforçam que pesquisadores estão dedicados ao desenvolvimento de combustíveis verdes em resposta ao esgotamento das reservas de combustíveis fósseis e ao impacto do aquecimento global, causado, principalmente, pela emissão de gases de efeito estufa, quando a busca por alternativas sustentáveis visa a reduzir a dependência de fontes de energia não renováveis e mitigar os efeitos negativos das mudanças climáticas.

Sachs (2008) elenca o conceito dos 3Bs (biomassa, biotecnologia e biodiversidade), enfatizando que a biotecnologia pode transformar a biomassa em novos produtos e energias renováveis, como os biocombustíveis, enquanto a conservação da biodiversidade assegura a continuidade dos processos ecológicos essenciais, resultando em um ciclo de inovação e sustentabilidade. Ainda, de acordo com Johnson *et al.* (2007), as principais características de um biocombustível renovável adequado são: ter o potencial para substituir os combustíveis fósseis, mas não deve afetar o abastecimento global de alimentos; deve ter um balanço de energia líquida positiva; e precisa ter um mínimo de impacto ambiental negativo. A partir destas características mencionadas os pesquisadores têm focado na utilização de resíduos agrícolas como matéria-prima barata para biocombustíveis de segunda geração, como o etanol, ao perceber que os combustíveis derivados de biomassa surgem como a alternativa mais promissora aos combustíveis fósseis no contexto do desenvolvimento sustentável.

Ao promover a inovação tecnológica por meio da biotecnologia e ao assegurar a preservação da biodiversidade, é possível criar um ciclo sustentável de produção e consumo de energia que não apenas atende às necessidades atuais, mas também protege e preserva os recursos naturais para as gerações futuras. Para Jatoi *et al.* (2023), o resíduo lignocelulósico, sendo o material orgânico mais abundante e amplamente distribuído globalmente, representa uma fonte de recursos amplamente disponível e de fácil acesso. A abordagem integrada dos princípios de Sachs (2009) sobre biomassa, biotecnologia e biodiversidade, portanto, oferece uma estratégia abrangente para enfrentar os desafios energéticos e ambientais contemporâneos, pois a interconexão entre meio ambiente e desenvolvimento sustentável é crucial para garantir um futuro viável e saudável.

A autodepuração aquática desempenha um papel vital na manutenção da qualidade da água, restaurando a saúde dos ecossistemas aquáticos e assegurando a disponibilidade de água limpa. Nesse contexto, a biomassa, particularmente os resíduos lignocelulósicos, oferece uma solução promissora para a produção de biocombustíveis sustentáveis, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis e contribuindo para a diminuição das emissões de gases de efeito estufa. A utilização desses resíduos

não apenas aproveita materiais abundantes e subutilizados, mas também ajuda a minimizar o impacto ambiental dos resíduos agrícolas. Assim, ao integrar práticas que promovem a autodepuração aquática e utilizar a biomassa de maneira eficiente, há o avanço em direção a um desenvolvimento sustentável que respeite o meio ambiente e melhore a qualidade da água, promovendo um ciclo virtuoso de inovação e preservação.

DIMENSÃO ECONÔMICA

A sustentabilidade econômica é um conceito fundamental que busca garantir a visibilidade econômica a longo prazo, sem comprometer a capacidade das futuras gerações em atender às suas próprias necessidades. Para Sem (2000), o desenvolvimento é visto como a expansão das liberdades substantivas, centradas nos agentes sociais e econômicos, buscando desenvolver uma justiça distributiva. Essa abordagem avalia e constrói uma concepção de desenvolvimento a partir do bem-estar, centrado na realização do potencial humano. Segundo Pereira, Silva e Carbonari (2011), para alguns economistas o crescimento econômico é a tradução mais precisa de prosperidade. Nessa lógica, um país que produz muita riqueza, com elevada renda *per capita*, deveria proporcionar aos seus cidadãos as melhores condições para fazer escolhas. A história da humanidade, no entanto, especialmente nas últimas décadas, mostra que essa visão de mundo precisa ser reavaliada se realmente estivermos interessados em um mundo melhor para todos. Ela envolve práticas e estratégias que equilibram o crescimento econômico, a equidade social e a proteção ambiental.

A expansão econômica é uma condição fundamental e necessária, mas, isoladamente, não é suficiente para a elevação do bem-estar humano. Sob essa perspectiva, ao considerar a distribuição de renda, vê-se que ela não resulta diretamente do crescimento econômico, posto que esse pode ser socialmente excludente caso não for acompanhado de políticas públicas específicas que promovam a inclusão de todas as pessoas. Não é isso, entretanto, que ocorre na prática. O crescimento econômico tem gerado prosperidade de forma desigual na melhor das hipóteses, uma vez que 20% da população mundial detêm apenas 2% da riqueza gerada no mundo (Pereira; Silva; Carbonari, 2011). Segundo dados do Relatório “O Estado da Segurança Alimentar e da Nutrição no Mundo” (Sofi), de 2024, divulgados pelo *site* O Globo (2024), mais de 700 milhões de pessoas passavam fome em 2022, o que significa que uma em cada 11 pessoas no mundo sofria com esse problema.

A sustentabilidade econômica relaciona-se, por um lado, com a alocação e a gestão mais eficiente dos recursos e, por outro, com um fluxo regular de investimentos públicos e privados. Deliberal *et al.*

(2015) questionam que a escassez de recursos naturais, proveniente do uso indiscriminado do meio ambiente, desafia gestores e tornou-se um imperativo no processo decisório das organizações. O equilíbrio ecológico, contudo, pode ser afetado negativamente pelo crescimento econômico, o que faculta limitá-lo em longo prazo. Isso pode ocorrer se não houver políticas ecologicamente prudentes que estimulem o aumento da eficiência ecológica e reduzam o risco de perdas ambientais potencialmente importantes. Assim, o desenvolvimento econômico deve estar baseado em um equilíbrio entre setores, garantindo segurança alimentar, capacidade de modernização constante dos meios de produção, um nível adequado de autonomia em pesquisa científica e tecnológica e uma inserção soberana na economia global.

Ao considerar a dimensão econômica, Sachs (1993) destaca que essa sustentabilidade pode ser possível por meio da alocação e do gerenciamento mais eficiente dos recursos e de um fluxo permanente de investimentos públicos e privados. A sustentabilidade econômica destaca a importância de incluir os pequenos produtores por meio de políticas públicas e acesso a créditos para biotecnologia como condição essencial para que eles possam se integrar e participar das transformações que estão ocorrendo nos processos produtivos. Sachs (2009) ressalta que a eficiência econômica não deve ser avaliada apenas com base na lucratividade das empresas, mas deve levar em conta aspectos macrossociais, como o impacto do fluxo monetário entre empresas, governo e população. Ainda assim, a competitividade no âmbito empresarial também deve ser considerada no contexto do desenvolvimento sustentável. As organizações, além de observar a questão ambiental, devem manter sua competitividade e performance diante do mercado e da concorrência.

Ao tratar da segurança alimentar, Sachs (2009) salienta esse fator como crucial no processo de desenvolvimento sustentável. A segurança alimentar pode estar associada a dois problemas principais: inicialmente, a abordagem técnica, que está relacionada com os níveis e formas de contaminação, bem como aos métodos de controle das doenças provocadas por alimentos, incluindo o estudo de técnicas que detectam e mensuram a presença de substâncias nocivas nos alimentos. O segundo problema é a preocupação econômica, que aborda a demanda ou quanto o consumidor está disposto a pagar por um produto seguro, além de como ele responde às informações sobre segurança e quais são as mais importantes na sua percepção (Steinhart *et al.*, 1995 *apud* Spers, 2000). Trata-se de uma questão de saúde pública que deve ser abordada no ambiente institucional e organizacional por meio de agentes que monitoram e punem os responsáveis. Observa-se que essa é uma visão sistêmica, uma vez que envolve um conjunto de ações que garante a segurança. A parcela da

população global que enfrenta elevados níveis de insegurança alimentar aguda aumentou significativamente, passando de 14% em 2018 para mais de 20% em todos os anos desde 2020, atingindo o nível máximo em 2022, com 23%, conforme dados do Relatório Sofi, de 2024, publicados pela CNN Brasil (2024).

A dimensão econômica é responsável pela geração da riqueza e renda por meio dos processos produtivos no agronegócio e industrias, mas, para isso, provoca efeitos altamente prejudiciais, destrutivos e impactantes no meio ambiente. É necessário buscar o equilíbrio principalmente entre as dimensões social, econômica e ambiental, e, para isso, é urgente modificar ações e estratégias, reduzindo os efeitos negativos de forma sustentável, garantindo o bem-estar das pessoas, da fauna, da flora, dos ecossistemas e dos biomas. Os elementos que compõem a dimensão econômica e os gestores públicos e privados devem observar o cumprimento dos principais acordos mundiais e das conferências internacionais (como Estocolmo, em 1972, a Eco-92 ou Rio-92, a Rio+10, em 2002, a Rio+20, em 2012, além dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e *Environmental, Social and Governance (ESG)*, entre outros), que visam, principalmente, a reduzir as principais causas do aquecimento global. Lembrando, ainda, que o cumprimento das metas do Acordo de Paris para o clima exigirá investimentos de US$ 4 trilhões até 2030, conforme o relatório da Trilha de Finanças do G20 (Agência Gov, 2024a).

A sustentabilidade econômica de forma sistêmica implica a integração de todos os agentes econômicos no compromisso de promover práticas que garantam o equilíbrio entre crescimento econômico, preservação ambiental e bem-estar social, com o objetivo de criar um modelo econômico que não apenas gere lucro, mas que também assegure a viabilidade dos recursos do planeta para as futuras gerações. Sachs (1993, 2009) aborda a sustentabilidade econômica de forma sistêmica, envolvendo os agentes econômicos no processo da sustentabilidade, apontando suas responsabilidades e compromissos com o Planeta, com os ecossistemas e com as futuras gerações, o que parece ser o caminho para alcançar o crescimento econômico sem a degradação ambiental. Sachs (2009) deixa claro que, para alcançar a sustentabilidade, é imprescindível valorizar as pessoas, observando e considerando seus costumes, sua cultura e seus saberes. Fica inegável a necessidade de uma visão holística da realidade dos problemas da sociedade para além de focar apenas na gestão dos recursos naturais. É um pensamento muito mais profundo, que objetiva uma verdadeira metamorfose do modelo civilizatório atual.

DIMENSÃO CULTURAL

O patrimônio cultural consiste em bens materiais, ou não, produzidos pelo povo e que são preservados de muitas maneiras, visando à garantia e à manutenção da memória de sua história e de sua cultura. A preservação do patrimônio cultural constitui-se como importante testemunho humano e social ao constituir-se em ações que propõem garantir a integridade e a perenidade de tais expressões, haja vista que as culturas locais são essenciais para o desenvolvimento ao influenciarem profundamente a maneira como as comunidades utilizam e interagem com tais representações. Sachs (2009) observa que o desenvolvimento sustentável não pode ser homogêneo ou universalista – tem de ser plural, adaptado às realidades locais e às particularidades culturais de cada sociedade, tendo em vista que o conhecimento local, as tradições e os valores culturais são instrumentos fundamentais na busca por soluções sustentáveis e adaptadas às realidades ecológicas e sociais de cada região. É fundamental, portanto, a efetiva preservação patrimonial dos lugares que possuem referência, uma vez que esses são fundantes no elo da história com o passado, ao fazerem parte desse e dando subsídios para a compreensão da formação sociocultural das comunidades.

A construção do sujeito dá-se pelo meio ao qual o mesmo pertence, posto que esse sentimento é capaz de gerar um pensamento de coletividade, estabelecendo um diálogo entre os espaços que compõem a história do lugar e de seus habitantes. Para Oliveira e Callai (2017), a preservação patrimonial possui a capacidade de estimular a memória das pessoas, sendo alvo de variadas estratégias, por exemplo, entrelaçar situações de ensino e aprendizagem com o que se denomina de educação patrimonial junto a ambientes formais e informais de ensino, buscando autonomia e valorização da cultura local e global. A preservação ambiental encontra sua importância não apenas na preservação da história, mas, também, representando a preservação da memória coletiva, que, por intermédio dessas memórias, possibilita compreender o passado, viver o presente e moldar o futuro – preservar o passado é, então, permitir que as próximas gerações saibam a origem de quem elas realmente são.

Hoje, preservar não significa manter um lugar intocável, mas, sim, salvá-lo, garantindo sua continuação histórica, principalmente às gerações futuras, sendo fundamental a aproximação das pessoas com o patrimônio e a intensificação do ato de pertencer a esses espaços e lugares. Sachs (2008) sinaliza que o desenvolvimento sustentável deve ser um processo endógeno, ou seja, partir de dentro das comunidades, respeitando e integrando seus valores culturais, pois as culturas locais não devem ser vistas como barreiras ao progresso, mas como fontes de conhecimento, capazes de

promover uma relação equilibrada entre o ser humano e o meio ambiente. Manter a história é manter viva a memória e compreender as formações socioculturais das pessoas e do papel como cidadão na sociedade, pois há de haver um equilíbrio em que o desenvolvimento econômico e a justiça social caminhem lado a lado com a preservação cultural. A homogeneização cultural, impulsionada por processos econômicos globais, representa uma ameaça à sustentabilidade, pois desconsidera as especificidades locais e desvaloriza os saberes tradicionais.

Poucos são conhecedores sobre o significado da preservação do patrimônio, gerando, assim, preocupações diárias a quem está em busca de mudanças para que existam memórias a serem lembradas no decorrer dos anos. Oliveira e Lopes (2018) entendem que preservar não é somente guardar recordações dos velhos tempos; é possibilitar que outras gerações possam estudá-los, observá-los e tirar suas conclusões sobre a evolução que ali se sucedeu, levando em conta que a construção da memória urbana implica referência ao que não foi presenciado, representando processos e estruturas sociais que já se transformam. O reconhecimento e a valorização da diversidade cultural são condições essenciais para a sustentabilidade, pois cada cultura tem seu próprio modo de interpretar e se relacionar com a natureza, e é esse mosaico de visões que pode fornecer respostas inovadoras e diversificadas para os problemas globais de sustentabilidade. Logo, negligenciar as expressões culturais possibilita o risco de impor modelos de desenvolvimento inadequados desconsiderando as realidades específicas de cada lugar.

O desenvolvimento sustentável, em sua dimensão cultural, vai além de uma abordagem técnica ou econômica, integrando aspectos humanos e sociais fundamentais para a longevidade das soluções sustentáveis. A valorização e a preservação das manifestações culturais, o respeito pela diversidade e a promoção do diálogo intercultural, são elementos cruciais para garantir o desenvolvimento. Sachs (2008) vê a diversidade cultural como um valor a ser preservado no contexto da globalização ao analisar que a pluralidade cultural é uma riqueza que deve ser protegida, posto que as soluções para os desafios do desenvolvimento sustentável variam de acordo com os contextos culturais. Ou seja, o desenvolvimento sustentável deve ser construído a partir do local, envolvendo as culturas e os saberes locais, e as soluções globais somente serão eficazes se respeitarem as particularidades culturais de cada lugar.

A dimensão cultural, por sua vez, envolve a promoção, a preservação e a difusão da história, tradições e valores, acompanhando suas transformações ao longo do tempo, considerando que esses objetivos são essenciais para divulgar e valorizar as manifestações culturais. Para Pesavento (2005), as

identidades, enquanto sensação de pertencimento, são elaborações imaginárias que produzem coesão social e reconhecimento individual ao fundamentarem-se em dados reais e objetivos, recolhendo traços, hábitos, maneiras de ser e acontecimentos do passado, tal como lugares e momentos. O diálogo entre culturas e a troca de saberes são fundamentais para enriquecer as práticas de desenvolvimento sustentável, haja vista que a sustentabilidade cultural também requer um equilíbrio entre a preservação de tradições e a inovação, permitindo que as culturas evoluam e se adaptem às novas realidades sem perder sua essência. Ao fazer isso, elas promovem formas mais sustentáveis de produção e consumo, ajustando-se às necessidades e desafios locais.

As políticas públicas devem promover uma mudança de paradigma na medida em que o crescimento econômico não seja o único objetivo, mas, sim, o bem-estar social e a preservação cultural, em que o foco não seja apenas o desenvolvimento tecnológico e industrial, mas também o fortalecimento das identidades culturais e a promoção de uma convivência sustentável. Para Sachs (2009), a dimensão cultural é um pilar essencial do desenvolvimento sustentável, pois a preservação e a valorização da diversidade cultural, o respeito pelos saberes tradicionais e a adaptação de soluções às realidades locais, são cruciais para um desenvolvimento que seja verdadeiramente harmonioso. O desenvolvimento sustentável, tradicionalmente associado a questões ambientais, sociais e econômicas, também abrange uma dimensão cultural que é fundamental para sua concretização, posto que a cultura, como parte intrínseca das sociedades humanas, molda comportamentos, valores e modos de vida, influenciando diretamente a forma como os seres humanos interagem com o ambiente e uns com os outros. O reconhecimento dessa dimensão é crucial para a criação de políticas e práticas que respeitem a diversidade cultural e promovam soluções sustentáveis adaptadas às realidades locais.

CONCLUSÃO

É importante ter consciência que, da mesma forma como o mundo se desenvolve, com ele surgem problemas ambientais que degradam o planeta gradativamente, que são gerados a partir das ações com diferentes propósitos e interesses. Os problemas ambientais são, em grande medida, resultado das ações agressivas do ser humano em relação à natureza, na constante busca por extrair recursos do meio ambiente para atender suas necessidades, muitas vezes com foco no benefício individual. Essa exploração ocorre sem a devida consciência de que tais recursos são finitos e essenciais para a sobrevivência coletiva, o que culmina em uma crise ambiental de grandes proporções. É essencial, portanto, ter consciência sobre a preservação do meio ambiente e compreender que o conhecimento

do conceito de sustentabilidade é fundamental para entender seu significado e abrangência, especialmente no contexto social.

É urgente que os conflitos, que envolvem o meio ambiente e sua salvaguarda na contemporaneidade, sejam discutidos, repensados e, se possível, resolvidos. Reconsiderar as formas como a sociedade está evoluindo abre portas para soluções que beneficiem a mesma de maneira coletiva, uma vez que a relação do ser humano com o ambiente em todas as esferas deve ser algo que colabore não somente para a preservação da vida, mas também para que ela aconteça de forma satisfatória com uma qualidade expressiva e resiliente. É essencial que o desenvolvimento sustentável seja entendido como um fator de equilíbrio entre o progresso econômico e o social, considerando que a sustentabilidade engloba diversas dimensões aplicáveis a diferentes contextos. Para garantir a resiliência sustentável essas dimensões precisam estar integradas, promovendo a continuidade da vida tanto no presente quanto para as gerações futuras, uma vez que a sustentabilidade se desdobra em várias dimensões que, interligadas, promovem um equilíbrio essencial para o desenvolvimento humano.

Ao interpretar os documentos analisados conclui-se que a dimensão social se estrutura na perspectiva de garantir justiça e inclusão, ao assegurar que todas as pessoas tenham acesso equitativo aos recursos e oportunidades, enquanto a dimensão ambiental possui foco na preservação dos ecossistemas ao proporcionar que os recursos naturais sejam mantidos e restaurados para as futuras gerações. No âmbito econômico, a sustentabilidade preconiza um crescimento responsável, em que os recursos sejam utilizados de forma eficiente, evitando desperdícios e promovendo o equilíbrio entre desenvolvimento e conservação, enquanto a dimensão cultural valoriza a diversidade, promovendo a continuidade das identidades e tradições, respeitando a herança cultural e adaptando-a de forma sustentável às mudanças sociais e ambientais – as quatro dimensões complementam-se, formando a base para um desenvolvimento que respeita tanto o meio ambiente quanto as necessidades humanas.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA GOV. Mundo tem de investir US$ 4 trilhões até 2030 para cumprir metas de clima. 15/7/2024a. Disponível em: https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202407/crise-climatica-e-financiamento-privado-marcam-o-debate-central-do-g20-em-belem. Acesso em: 1º set. 2024.

AGÊNCIA GOV. Relatório da ONU revela urgência global de financiamento para combater a fome. 15/7/2024b. Disponível em: https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202407/relatorio-da-onu-revela-urgencia-de-financiamento-para-combater-a-fome. Acesso em: 3 set. 2024.

CNN BRASIL. Fome bate recorde e atinge mais de 280 milhões no mundo, diz relatório da ONU. 24/4/2024. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/blogs/priscila-yazbek/internacional/fome-bate-recorde-e-atinge-mais-de-280-milhoes-no-mundo-diz-relatorio-da-onuhttps://www.cnnbrasil.com.br/blogs/priscila-yazbek/internacional/fome-bate-recorde-e-atinge-mais-de-280-milhoes-no-mundo-diz-relatorio-da-onu. Acesso em: 4 set. 2024.

DELIBERAL, J. P. et al. Gestão ambiental e desempenho: uma análise do uso do SGA, ISO 9001 e ISO 14001. Revista Espacios, v. 36, 2015.

GONÇALVES, J. C. S. I. et al. Avaliação espaço-temporal da qualidade da água e simulação de autodepuração na bacia hidrográfica do córrego São Simão, SP. Revista Ambiente & Água, Taubaté, v. 7, n. 3, p. 141-154, 2012.

GUEDES, S. N. R.; GALLO, Z.; MARTINS, L. A. T. P. In: MORAES, M. A. F. D.; SHIKIDA, P. F. A. (org.). Agroindústria canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios. São Paulo, SP: Editora Atlas, 2002.

IAQUINTO, B. O. A sustentabilidade e suas dimensões. Revista da Esmesc, v. 25, n. 31, p. 157-178, 2018.

JATOI, A. S. et al. Recent trends and future perspectives of lignocellulose biomass for biofuel production: a comprehensive review. Biomass Conversion and Biorefinery, v. 13, p. 6.457-6.469, 2023.

JOHNSON, J. M-F. et al. Biomass-bioenergy crops in the United States: a changing paradigm. The American Journal of Plant Science and Biotechnology, v. 1, p. 1-28, 2007.

LEROY, J.-P. et al. Tudo ao mesmo tempo agora: desenvolvimento, sustentabilidade, democracia: O que isso tem a ver com você? Petrópolis: Vozes, 2002. 198 p

O GLOBO. 31 milhões de brasileiros deixam a insegurança alimentar, mas, Brasil segue no mapa da fome da ONU. 24/7/2024. Disponível em: https://oglobo.globo.com/mundo/g20-no-brasil/noticia/2024/07/24/31-milhoes-de-brasileiros-deixam-a-inseguranca-alimentar-mas-brasil-segue-no-mapa-da-fome-da-onu.ghtml. Acesso em: 4 set. 2024.

OLIVEIRA, T. D. de; CALLAI, H. C. Compreender a cidade e a arquitetura através da educação patrimonial. Revista Di@logus, Cruz Alta, RS, v. 6, n. 3, p. 141-149, set. 2017.

OLIVEIRA, T. D. de; LOPES, C. E. J. Monumento, monumentalidade, valor e poder: interações com a memória e preservação arquitetônica. METAgraphias: Letra JK de Utopias Políticas Possíveis, v. 3, n. 3, p. 1-17, 2018.

PEREIRA, A. Camargo; SILVA, Gibson Z. da; CARBONARI, Maria E. E. Sustentabilidade, responsabilidade social e meio ambiente. São Paulo: Saraiva, 2011. 216 p.

PESAVENTO, Sandra Jatahy. Cidade, espaço e tempo: reflexões sobre a memória e o patrimônio urbano. Cadernos do LEPAARQ, Pelotas, RS, v. 2, n. 4, p. 9-17, ago. 2005.

SACHS, Ignacy. Caminhos para o desenvolvimento sustentável. Organização Paula Yone Stroh. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

SACHS, Ignacy. Desenvolvimento: includente, sustentável, sustentado. Rio de Janeiro: Garamond, 2008.

SACHS, I. Estratégias de transição para o século XXI. São Paulo: Brasiliense, 1993.

SEN, Amartya K. Desenvolvimento como liberdade. São Paulo: Companhia das Letras, 2000.

SPERS, Eduardo Eugênio. Qualidade e segurança em alimentos. In: ZYLBERSZTAJN, Décio; NEVES, Marcos Fava (org.). Economia e gestão dos negócios agroalimentares: indústria de alimentos, indústria de insumos, produção agropecuária, distribuição. São Paulo: Pioneira, 2000. p. 283-321

SEVERO, E. A. GUIMARÃES, J. C. F. de. Desenvolvimento sustentável: premissas, realidade e novas perspectivas. ENCONTRO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO EMPRESARIAL E MEIO AMBIENTAL, 2014. Disponível em: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.engema.org.br/XVIENGEMA/15.pdf

SILVÃO, Natália Andrade. Índices de qualidade de água e dinâmica da autodepuração do Rio Catolé Grande. 2017. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambietais) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA, 2017.

WHOQOL Group. The World Health Organization quality of life assessment (WHOQOL): position paper from the World Health Organization. Social science and medicine, v. 41, ed. 10, p. 1.403-1.409, 1995.

Capítulo 7

10.37423/250109538

O PATRIMÔNIO ARQUEOLÓGICO DA LAPA DO CAPÃO GRANDE, SETE LAGOAS - MG

João Paulo Fernandes de Almeida

Gabinete do Comando do Exército em Brasília

Cleber Vinicius Akita Vitorio

Instituto Espaço Templo

Josimar Ribeiro de Almeida

Aposentado UFRJ

Raphael do Couto Pereira'

Troy University (EUA)

Resumo: O presente trabalho foi elaborado para divulgar o patrimônio da Lapa do Capão Grande, um labirinto anastomosado, com perfil edificado-horizontal e cortes retangulares-verticais e triangulares, distribuídos em condutos com mais 890m de desenvolvimento horizontal, ornamentados por espeleogens e espeleotemas diversos e configurando-se uma das maiores cavernas da região, localizada na Fazenda Milho e Sorgo da Embrapa no município de Sete Lagoas/MG. Quanto a relevância das cavidades, registros arqueológicos foram avistados na Lapa do Capão Grande, como esta cavidade, além de apresentar muitas "pichações" e, as paredes com escorrimentos de calcita, muito recorrente nos abrigos e grutas calcárias e, por falta de referência em relação às pinturas, tipo tradição a que pertence, tipo de grafismo, localização no suporte, por meios convencionais, aconselha-se a síntese de uma nova expedição arqueológica com o findo de caracterizar o patrimônio arqueológico levantado. Vale a ressalva que foram encontrados líticos e cerâmicas, que podem ser coletados e incorporados a coleções arqueológicas.

Palavras-chave:Patrimônio arqueológico, Arte rupestre, Resolução CONAMA nº 347/2004, Antropoespeleologia.

INTRODUÇÃO

Segundo o Grupo Bambuí de Pesquisas Espeleológicas, espeleologia é o estudo das cavernas, de sua gênese e evolução, do meio físico que elas representam, de seu povoamento biológico atual ou passado, bem como dos meios ou técnicas que são próprias ao seu estudo. Essa palavra vem do latim *spelaeum* (caverna) e do grego logos (estudo). Entre as ciências que se relacionam com a espeleologia estão geologia, geografia, hidrologia, biologia, climatologia e arqueologia (SILVA *et al*., 2020).

Para o Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV) o Patrimônio Espeleológico entende que é a representação de um conjunto de elementos bióticos e abióticos, socioeconômico e histórico-culturais, subterrâneos ou superficiais, representados pelas cavidades naturais subterrâneas ou a estas associadas (Resolução CONAMA 347/2004).

O levantamento feito pela Sociedade Brasileira de Espeleologia (SBE) no programa de Cadastro Nacional de Cavernas do Brasil mostra que o estado de Minas Gerais apresenta 10.570 cavernas, que representa 46,72, % do total contingente nacional (SILVA *et al*., 2019). A definição mais utilizada internacionalmente para caverna, inclusive adotada pela União Internacional de Espeleologia (UIS), órgão que congrega as instituições nacionais de espeleologia, descreve a caverna como uma “abertura natural formada em rocha abaixo da superfície do terreno, larga o suficiente para a entrada do homem” (SILVA *et al*., 2020).

Antropoespeleologia é o estudo das relações do homem com as cavernas, seja como abrigo, local de culto, lazer, refúgio, trabalho, ou qualquer outro uso.Investigações em torno da arte, e mais especificamente acerca do que ela consiste, sabe-se que não são poucas. Esse debate, à qual muitos se lançaram no decorrer de tantos séculos, em busca de um galardão, está longe de ter um veredicto final, e talvez, jamais o tenha. Este texto não pretende aglutinar-se a esse volume de tratados e exames, mas busca examinar a relação da arte e a psiquê no estudo das pinturas e gravuras rupestres e na construção de ferramentas, notórias atividades artísticas características dos ambientes espeleológicos, que tiveram contato com o ser humano, retraçando alguns usos de arte na filosofia e na antropologia, uma vez que foi através dessas áreas que o conceito foi importado para a arqueologia, criando assim o que chamamos de espólio arqueológico.

O Centro Nacional de Pesquisas de Milho e Sorgo da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (Fazenda Milho e Sorgo da Embrapa) localiza-se na Província Cárstica do Bambuí (TULLER *et al*., 2023),

mais precisamente, a cerca de 10 km a oeste/noroeste da APA Carste Lagoa Santa (IBAMA & CPRM, 1998), no município de Sete Lagoas/MG, importante e clássica região com ocorrências espeleológicas.

Como parte do licenciamento ambiental de seu centro de pesquisa, a Embrapa Milho e Sorgo contratou a HeliumCorp Engenharia EIRELI. para a realização de estudos arqueológicos segundo o Processo IPHAN nº 01514.007271/2015-53, o que permitiu a identificação e caracterização preliminar de um espólio arqueológico até então ausente dos bancos de dados espeleológicos oficiais do Brasil: CANIE do CECAV e CNC da SBE e arqueológicos, no caso o IPHAN.

O presente trabalho foi elaborado para divulgar esse espólio arqueológico que se encontra na Lapa do Capão Grande, um labirinto anastomosado, com perfil edificado-horizontal e cortes retangulares-verticais e triangulares, distribuídos em condutos com mais 890m de desenvolvimento horizontal, ornamentados por espeleogens e espeleotemas diversos e configurando-se uma das maiores cavernas da região, segundo SBE (2015), e conforme a análise de relevância segundo a Instrução Normativa nº 2, de 30 de agosto de 2017 e a Resolução Conama nº 347 de 10 de setembro de 2004, executada pela HeliumCorp, tem alta relevância e necessidade de conservação, vide o material arqueológico ali encontrado.

MATERIAL E MÉTODOS

LOCALIZAÇÃO

O empreendimento Fazenda Experimental da Embrapa Milho e Sorgo-Minas Gerais (Figura 1) é uma falange da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- situada na Unidade Regional Milho e Sorgo, e configura-se em loteamento de área rural, situado na Rod 424, Km 45, Zona Rural, município de Sete Lagoas-MG, localizado nas coordenadas LAT/Y7849351 LONG/X587426 (UTM 23K), a área da fazenda possui um total aproximado de 1945,00ha (um mil, novecentos e quarenta e cinco hectares). A faixa de entorno imediato de 250 metros corresponde a cerca de 785,00ha (setecentos e oitenta e cinco hectares). Ou seja, a área total estudada é em torno de 2730,00ha (dois mil setecentos e trinta hectares).

O principal acesso à área de estudos, partindo-se de Belo Horizonte, é feito pela rodovia federal BR-040 no sentido Brasília até a sede municipal de Sete Lagoas. A área localiza-se na divisa leste dessa cidade com o município de Prudente de Morais. O acesso a partir da sede municipal de Sete Lagoas é feito pela rodovia estadual MG-424 sentido Prudente de Morais onde, após deslocar-se cerca de 10 km, acessam-se as instalações da Fazenda Milho e Sorgo da Embrapa (Figura 1).

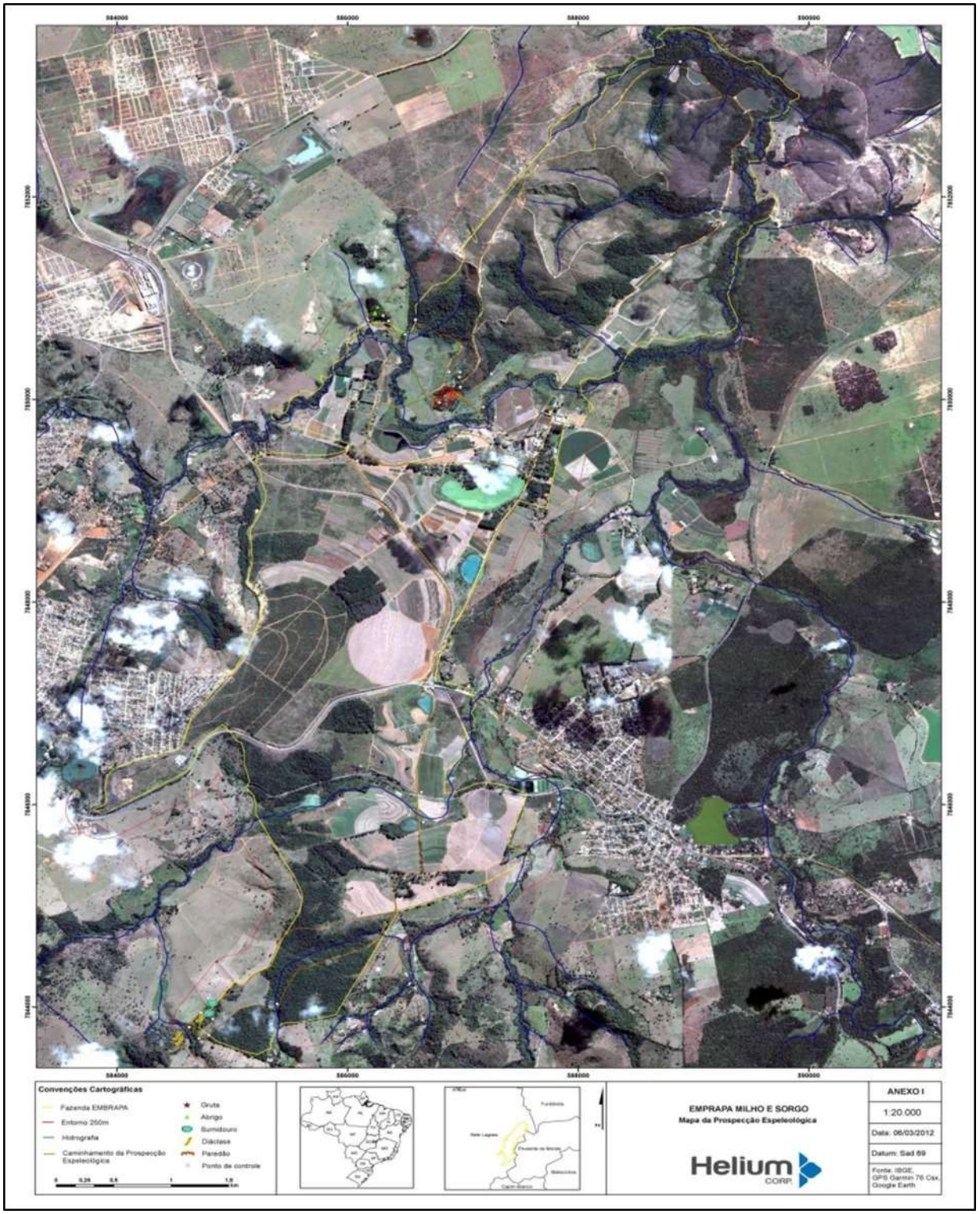


Figura1. Localização do empreendimento.

Fonte: Helium Corp

MEIO FÍSICO

CLIMA E GEOLOGIA LOCAL

O clima da região, segundo TULLER *et al*. (2023), é tropical semi-úmido geralmente quente, com verões chuvosos e invernos secos. As temperaturas têm média máxima anual de 29,2˚C (entre dezembro e janeiro), média mínima anual de 16,4˚C (entre junho e julho) e média anual de 22,1˚C. As chuvas ocorrem no período de outubro a março e a estação seca, nem sempre bem definida, nos meses de junho a outubro.

A área de estudos (Figura 1) localiza-se na porção sul-sudeste do Cráton São Francisco (CSF) que, segundo DELPOMDOR*et al*. (2020), é uma entidade geotectônica consolidada ao final da Orogênese Brasiliana (1000-500 Ma). Os limites leste e oeste do CSF são as faixas móveis de idade brasiliana — Faixa Araçuaí e Faixa Brasília respectivamente. Adotando o conceito deProvíncias Tectônicas considerado pela CPRM, a região encontra-se completamente inserida na Província São Francisco (SCHOBBENHAUS & BRITO NEVES 2003).

TULLER*et al*. (2023) baseando-se em DARDENNE(1978), divide o Grupo Bambuí emcinco unidades, da base para o topo: (i) Formação Sete Lagoas composta de dolomitos,calcários e pelitos com estromatólitos bem preservados; (ii) Formação Serra de Santa Helena,formada por folhelhos, siltitos e secundariamente arenitos; (iii) Formação Lagoa do Jacarécomposta de siltitos, margas e calcário preto; (iv) Formação Serra da Saudade que inclui folhelhos verdes, siltitos e lentes de calcário; e (v) Formação Três Marias, que ocupa o topoda sucessão e compreende siltitos e arcóseos depositados em ambientes aluvial a marinho-raso.

Os sedimentos que formaram as rochas do Grupo Bambuí, Proterozóico Superior, foram depositados sobre as rochas arqueanas supracitadas. Na área da Fazenda Milho e Sorgo (Embrapa), segundo TULLER *et al*. (2023), o Grupo Bambuí é subdividido nas formações Sete Lagoas e Serra de Santa Helena.

Compreendida como uma sequência de rochas carbonáticas com intercalações de níveis argilosos (TULLER*et al*., 2023), a Formação Sete Lagoas é subdividida em dois membros: (i) Membro Pedro Leopoldo: basal, composto por calcários mais impuros, finos e claros, representados por calcissiltitos e, subordinadamente, calcarenitos e margas; e, o Membro Lagoa Santa: superior, com calcários mais puros, grosseiros e escuros, compreendendo calcarenitos e, subordinadamente, calcissiltitos e calciruditos.

A Formação Serra de Santa Helena, de acordo com TULLER*et al*. (2023), é resultado da sedimentação em águas calmas e profundas, que possibilitou a constituição de estratos plano-paralelos, característicos dos seus metapelitos e metargilitos, que se posicionam em contato brusco ou gradacional concordante sobre os calcários da Fm Sete Lagoas. Em alguns locais, encobrem as rochas do embasamento gnáissico-migmatítico e, em outros, os calcários do Membro Pedro Leopoldo.

Um conjunto de formações superficiais, terciárias e quartenárias, relacionadas a superfícies de aplainamento e à formação de planícies fluviais e cársticas, recobrem praticamente toda a área, preenchendo as depressões do paleorelevo das rochas supracrustais e do embasamento cristalino, ou constituindo depósitos horizontais sobre as superfícies arrasadas dessas rochas (TULLER*et al*., 2023), trata-se de depósitos argilo-silticos de cobertura, depósitos argilosos em cavidades cársticas e aluviões e terraços aluvionários (Figura 2).

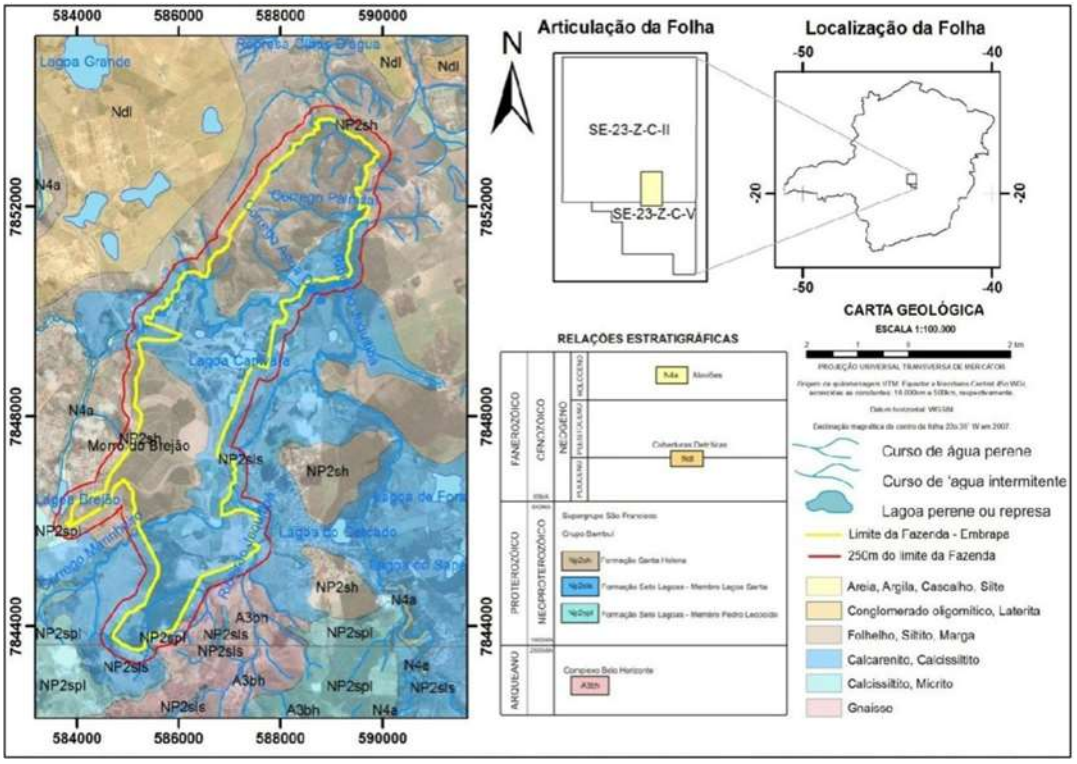


Figura 1. *Mapa geológico (modificado de CPRM, 2009 in TULLER et al., 2023) integrado à imagem de satélite do software livre Global Map Download Tool Versão 0.5.13b.*

Fonte: Helium Corp

Durante os trabalhos de campo, a equipe executou caminhamentos com descrições dos pontos de observações espeleológicas, percorreram os maciços rochosos e penetraram em todas as cavidades naturais subterrâneas encontradas. Foram descritas as feições geomorfológicas externas (exocarste)

e internas (endocarste). Na região sul da área representada por rochas carbonáticas (Formação Sete Lagoas), ocorre relevo cárstico, com maciços isolados e dolinas compondo a paisagem. Em grande parte, ocorrem em grandes encostas de serras, às vezes com declividade abrupta, em morros isolados, áreas rebaixadas na topografia ou sustentando a topografia de serras. O relevo cárstico origina exposições subaéreas dessas rochas, principalmente devido aos densos fraturamentos (TULLER *et al*. 2023). É possível observar, na área, estruturas como sumidouro, dolinas, lapiás, uma pequena galeria no centro da área (gruta) e abrigos.

LAPA DO CAPÃO GRANDE

A cavidade natural subterrânea Lapa do Capão Grande (Figura 1), está inserida na base do maciço central com vegetação arbórea e arbustiva. Apresenta grande importância na área de recarga do aquífero, além de importância ambiental e científica.

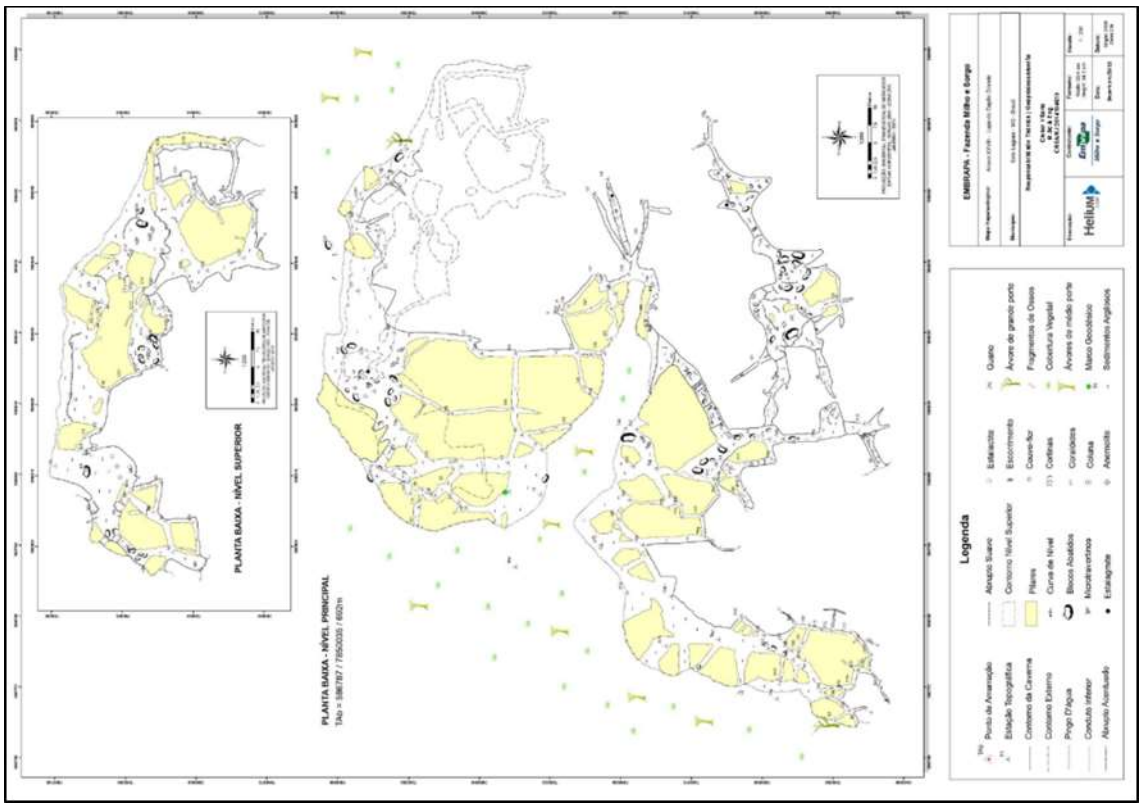


Figura 3. Planta baixa da Lapa do Capão Grande

Fonte: Helium Corp.

Possui entrada principal retangular, altura 4,05m; projeção horizontal 897,87m e área de projeção horizontal com 2754,7m^2. A galeria é classificada como anastomosada em rede, com perfil longitudinal edificado-horizontal e cortes transversais triangulares-retangulares. A cavidade está desenvolvida em litotipo calcarenito, com camadas laminadas sub-horizontais e alternâncias de cinza-escuro e cinza-

claro. No interior da cavidade são observados depósitos clásticos argilosos e matacões, além de sedimentos alóctones semi-consolidados em forma de brechas são identificados. Há uma grande variação dos espeleotemas, sendo identificados os anemolites, colunas, coralóides couve-flor (coralóidesbotrioidais), escorrimentos, estalactites, estalagmites, microtravertinos, cortinas e casca fina. Foram localizados gotejamento e zonas de inundação e sumidouroefêmeros.Segundo a Instrução normativa nº 2, de 30 de agosto de 2017 e a Resolução Conama nº 347 de 10 de setembro de 2004, foi concluso grande relevância na conservação da cavidade, levando em consideração um buffer de 250 m em seu entorno, com a finalidade de conservar sua biodiversidade e geodiversidade e patrimônio arqueológico.

PROSPECÇÃO ARQUEOLÓGICA

Para a realização desse trabalho de levantamento arqueológico, a metodologia aplicada se caracterizou-se pelo conjunto de métodos de prospecção extensiva de superfície e intensiva, com intervenções de subsuperfície, consagradas para definição e delimitação de sítios arqueológicos, de averiguação de vestígios subsuperficiais (Figura 2). Os levantamentos foram realizados na primeira quinzena de janeiro de 2020.

Uma das primeiras atividades realizadas no campo da prospecção arqueológica é o reconhecimento da área e coleta de informações com a população local e adjacente.

Através de reconhecimento de acessos e da própria área da propriedade, deve-se ir tomando informações junto aos funcionários e moradores nos arredores.Através de intervenções subsuperficiais que podem se realizar de forma mais rude e/ou de forma mais detalhista, isto é, com a utilização de cavadeiras articuladas e material de escavação arqueológica, respectivamente, são investigadas as superfícies e subsuperfícies de áreas sedimentares externas, mesmo que não sejam evidenciados vestígios arqueológicos.

Cabe salientar que, para as pinturas rupestres não foramrealizadas nenhum tipo de intervenção, apenas registro fotográfico, georreferenciamento e complementação cadastro do IPHAN.



Figura 4.Área com vestígios de líticos (palitinhos circundados de vermelho).

Fonte: Helium Corp.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O espólio encontrado pode ser divido em indústria lítica, indústria cerâmica e na arte rupestre. Apesar das pichações vistas nas cavidades, evidenciando a necessidade de um projeto de conservação das mesmas.

As paredes e tetos da lapa estão preenchidos por “pichações” e, uma camada muito fina de poeira recobre boa parte das paredes, prejudicando a observação de pinturas rupestres por meios convencionais (Figura 3).

Quanto o potencial paleontológico, é evidente que há possibilidades, em parte pela presença dos artefatos arqueológicos (Figura 5), que evidenciam o uso das cavidades por seres humanos em períodos passados. Não seria incomum observar restos mortais da fauna local pré-histórica, vide a presença de cerâmica, líticos e pinturas rupestres, que coaduna com uma estrutura social e familiar possivelmente neolítica que colonizava as cavidades (Figura 3).



Figura 5. Pichações presentes em um paredão da Lapa do Capão Grande, recobrindo e vandalizando pinturas rupestres que se encontram em péssimo estado de conservação.

Fonte: Helium Corp.

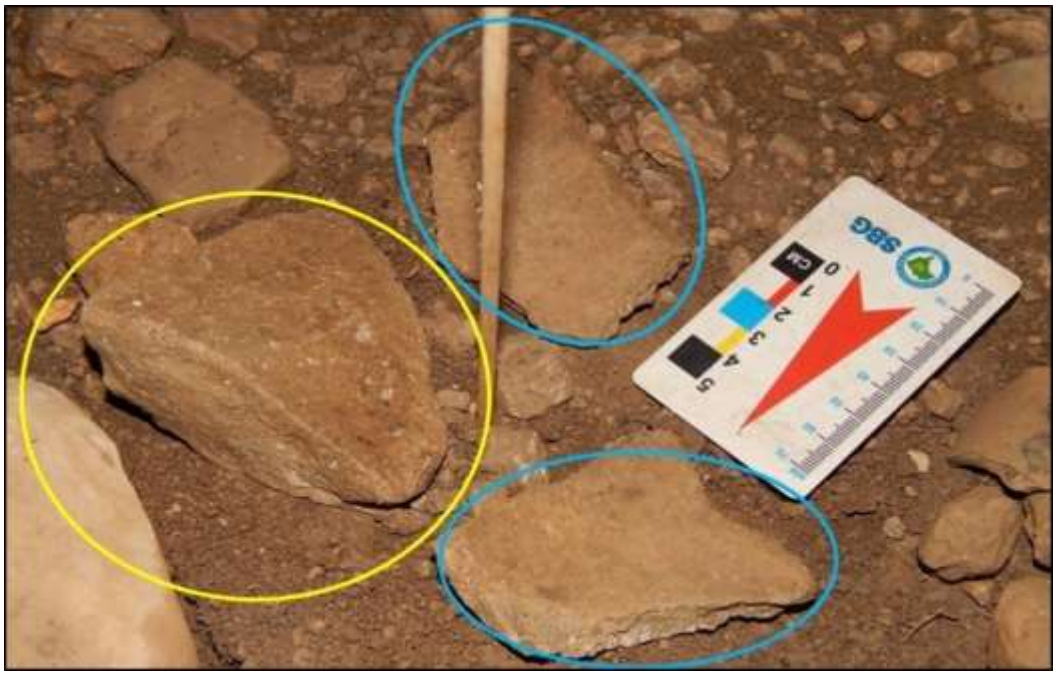


Figura 6. Material lítico circulado em amarelo e Material cerâmico circulado em azul, ambos encontrados na superfície, entrada N da Lapa do Capão Grande.

Fonte: Helium Corp.



Figura 7. Material lítico utilizado por seres humanos pré-históricos na Lapa do Capão Grande.

Fonte: Helium Corp.



Figura 8. Outros fragmentos de cerâmica.

Fonte: Helium Corp.

A região de Sete Lagoas – Lagoa Santa, ao mesmo tempo, em que se tem um bem minerário há um patrimônio natural e cultural que deve ser estudado continuamente como vem sendo e, preservado para as futuras gerações. Talvez, esta tenha sido uma das premissas na criação do Parque Estadual do Sumidouro.

Nas cercanias de Sete Lagoas e, aproximadamente 9,5 km da Fazenda de Milho e Sorgo da EMBRAPA existe Monumento Estadual Rei do Mato, que abrange cavidades naturais, dentre elas a caverna epônima e, um pequeno abrigo com vestígios arqueológicos identificado como Abrigo Rei do Mato.

No IPHAN existe uma lista de sítios cadastrados disponíveis no site do órgão (Tabela 1), que são:

Tabela 1.Sítios Arqueológicos/IPHAN (2024).

Código	Nome do Sítio
MG00544	Sítio do Ari II
MG00545	Vargem Grande
MG00546	Fazenda da Lapa
MG00547	Sítio Lontrinha
MG00548	Sítio do Maciel
MG00549	Sítio da Palhada
MG00550	Sítio do Romero
MG00551	Sítio do Valão
MG00552	Sítio Federal
MG00553	Milharal do Macaco
MG00620	Pedreira da Vitrina
MG00621	Abrigo Rei do Mato
MG00622	Paredão do Trevo
MG01936	Fazenda Capão Grande Abrigo 1

Fonte: Helium Corp.

Vale a ressalva que a cerca de 12,8 Km, se encontra o Monumento Natural Estadual Gruta Rei do Mato que está localizado na porção centro sul do município de Sete Lagoas, parte do colar metropolitano da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Margeada pelas rodovias BR-040 e MG-238, a Unidade de Conservação se encontra a cerca de 60 km da capital.A área do monumento ainda é marcada por um importante sítio arqueológico e paleontológico, onde foram encontradas pinturas rupestres da Tradição Planalto, artefatos em cerâmica e até mesmo um sepultamento humano (BORGESet al., 2013). Regionalmente a gruta é conhecida pela diversidade de recursos arqueológicos e paleontológicos, todavia se compararmos Lapa do Capão Grande, fica evidente que a péssima conservação afetou e muito a avalição arqueológica delas, uma vez que as pichações e o uso humano sem protocolo turístico, geraram danos e perdas irreparáveis ao patrimônio geológico, arqueológico (Figura 3), paleontológico, faunístico e florístico das cavidades.



Figura 9. Pintura rupestre em ótimo estado de conservação que pode ser vista na Gruta do Rei do Mato.

Fonte: Helium Corp.

Num contexto holístico, fica evidente que a Lapa do Capão Grande, devem ser protegidas, em razão do seu patrimônio arqueológico, em face da sua biodiversidade e geodiversidade, e pela possibilidade de abrigar um rico patrimônio paleontológico.

Observou-se em campo que o salão a N da entrada principal, que tem sua abertura para NW, é o local na cavidade com a presença marcante de fragmentos de cerâmica e alguns líticos. Infelizmente, não foram encontradas as pinturas rupestres (Figura 6).

Não foram coletados nenhum dos vestígios evidenciados, pois, considerando que a cavidade se encontra em área de reserva legal e, sem impactos do empreendimento local sobre o sítio arqueológico, considerou relevante a permanência dos mesmos na cavidade.

De acordo com MINGATOS &OKUMURA (2020)alguns elementos são fundamentais para a escolha de um lugar para viver: a proximidade com a água, a terra fértil ou a mata, são exemplos de lugares favoráveis para uma moradia. Na ótica da arqueologia da paisagem esses aspectos compreendem o suporte geológico, os solos, a cobertura vegetal, a fauna, os recursos hídricos, as condições pluviométricas e climatológicas, fatores determinantes das condições ambientais, que o orientam na identificação de áreas ocupadas pelo homem na pré-história (LINKE *et al*. 2020). Por conseguinte, o

município de Sete Lagoas reúne todas essas características para ter sustentado no passado agrupamentos humanos, tendo em vista a sua rica malha hídrica e diversa megafauna, esta última muito bem caracterizada em pinturas rupestres como vista na Figura 7.

Tornar possível a realização de uma abordagem sob os olhares da arqueologia da paisagem depende dos vestígios encontrados e de sua distribuição, e a depreciação do patrimônio arqueológico, muitas vezes é mais danosa do que a ação natural do intemperismo (CHAHUD, 2021). Poder contribuir para a elaboração de uma interpretação arqueológica, que identifique os elementos que caracterizem a atuação humana sobre a paisagem é um grande desafio, e o trabalho de campo, de identificação e registro dos vestígios humanos é de extrema importância para a concretização deste intento, que quando ainda depreciado e de difícil identificação muitas vezes as principais ferramentas de interpretação são a arte e a antropologia (CHAHUD*et al*., 2022). Descobrir, documentar, registrar, retratar e descrever o achado arqueológico e a sua correlação com os outros elementos de uma determinada área é constantemente atravessar o limite entre as escalas macro e micro da investigação espacial.

CONCLUSÃO

Os estudos espeleológicos realizados na área da Fazenda Milho e Sorgo da Embrapa foramfundamentais para um conhecimento do ambiente cárstico em questão, a nível conceitual.Durante os trabalhos de prospecção arqueológica, O espólio encontrado pode ser divido em indústria lítica, indústria cerâmica e na arte rupestre.

Observou-se em campo que o salão a N da entrada principal, que tem sua abertura para NW, é o local na cavidade com a presença marcante de fragmentos de cerâmica e alguns líticos. Infelizmente, toda pintura rupestre encontrada se encontrava vandalizada.

Não foram coletados nenhum dos vestígios evidenciados, pois, considerando que a cavidade se encontra em área de reserva legal e, sem impactos do empreendimento local sobre o sítio arqueológico, considerou relevante a permanência dos mesmos na cavidade.

Além de apresentar muitas “pichações” e, as paredes com escorrimentos de calcita, muito recorrente nos abrigos e grutas calcárias e, por falta de referência em relação às pinturas, tipo tradição a que pertence, tipo de grafismo, localização no suporte, por meios convencionais, aconselha-se a síntese de uma nova expedição arqueológica com o findo de caracterizar o patrimônio arqueológico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, F. Á. C.; TRAVASSOS, L. E. P.; GUIMARÃES, F. G. Proposta de Criação de Trilhas Geoturísticas no Monumento Natural Estadual Gruta Rei do Mato (MNGRM), Sete Lagoas, Minas Gerais. CLIMEP. Climatologia e Estudos da Paisagem, v. 8, p. 24-48, 2013.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº. 347, de 10 de setembro de 2004. regulamentada pelo Decreto no 99.274, de 6 de julho de 1990, e tendo em disposto em seu Regimento Interno, aprovado pela Portaria no 499, de 18 de dezembro de 2002. Brasília: DOU, 2004.

CHAHUD, A. Presença de Subfósseis de Tinamiformes Huxley, 1872 e Falconiformes Sharpe 1874 no Sítio Arqueológico Lapa do Santo (Holoceno), Estado de Minas Gerais, Brasil. Arquivos Do Museu De Historia Natural, v. 30, p. 1-12, 2021.

CHAHUD, A.; FERREIRA FIGUEIREDO, G.; OKUMURA, M.Tapiridae (Perissodactyla) in the late PleistoceneoftheCuvieri Cave, easternBrazil. HistoricalBiology, v. 35, p. 1-11, 2022.

CPRM & IBAMA. APA Carste de Lagoa Santa: meio físico. Belo Horizonte: [s. n.], v. 1, 1998.

DELPOMDOR, F. R. A; ILAMBWETSI, A. M.; CAXITO, F. A..; PEDROSA-SOARES, A.C. New interpretationofthe basal Bambuí Group, Sete Lagoas High (Minas Gerais, E Brazil) bysedimentologicalstudiesand regional implications for theaftermathoftheMarinoanglaciation: CorrelationsacrossBraziland Central Africa. GEOLOGICA BELGICA , v. 23, p.1-17, 2020.

LINKE, V.; ALCANTARA, H.; ISNARDIS, A.; TOBIAS JÚNIOR, R.; BALDONI, R. Do fazer a arte rupestre: reflexões sobre os modos de composição de figuras e painéis gráficos rupestres de Minas Gerais, Brasil. BOLETIM DO MUSEU PARAENSE EMÍLIO GOELDI. SÉRIE CIÊNCIAS HUMANAS , v. 15, p. 1-24, 2020.

MINGATOS, G. S.; OKUMURA, M. Cervídeos como fonte de matéria-prima para produção de artefatos: Estudos de caso em três sítios arqueológicos associados a grupos caçadores-coletores do sudeste e sul do Brasil. Latin American Antiquity, v. 31, p. 292-307, 2020.

SCHOBBENHAUS, C. & BRITO-NEVES, B.B..Geologia do Brasil no contexto da Plataforma Sul-Americana In: Bizzi, L.A.; Schobbenhaus, C; Vidotti, R.M.; Gonçalves J.H. (eds.) Geologia, tectônica e recursos minerais do Brasil. Texto,mapas e SIG. CPRM-Serviço Geológico do Brasil. p. 5-54, 2003.

SILVA, C. V. V.; MORAES, MORAES, J. C. R.; BRANDÃO, V. S.; ALMEIDA, ALMEIDA, J. R.; SILVA, C. E.. Caracterização da fauna cavernícola e da flora rupícola da cavidade do Morro Redondo, Iúna/ES. Naturae, v. 1, p. 14-31, 2019.

SILVA, C. V. V.; BRANDÃO, V. S.; MORAES, J. C. R.; ALMEIDA, J. R.; SILVA, C. E.. Levantamento do patrimônio espeleológico da sub-bacia do Rio Pardo, Iúna/ES. Environmental Scientiae, v. 2, p. 31-43, 2020.

TULLER, M. P.; RIBEIRO, J. H.; SIGNORELLI, N.; FÉBOLI, W.L.; PINHO, M. M.. Projeto Sete Lagoas Abaeté com Nota Explicativa. Disponível em: http://www.cprm.gov.br/publique/media/rel_baldim.pdf.Acessado em 20 de Dezembro de 2023.

Capítulo 8

10.37423/250109545

USO DO GEOPROCESSAMENTO NA ESTIMATIVA DO CARBONO ESTOCADO NO ECOSSISTEMA FLORESTAL DA FAZENDA NOVA CANÃA, PORCIÚNCULA-RJ

João Paulo Fernandes de Almeida — *Gabinete do Comando do Exército em Brasília*

Cleber Vinicius Akita Vitorio — *Instituto Espaço Templo*

Carolina Dias Lelacher — *Dasi Consultoria E Engenharia*

Josimar Ribeiro de Almeida — *Aposentado UFRJ*

Laís Alencar de Aguiar — *Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD / CNEN*

Oscar Rocha Barbosa — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro*

Patrícia dos Santos Matta — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ*

Raphael do Couto Pereira — *Troy University (EUA)*

Resumo: O aquecimento global tornou-se preocupação internacional, culminando com a ratificação do Protocolo de Quioto, onde constam as definições e os objetivos dos mecanismos de desenvolvimento sustentável e possui procedimentos flexibilizadores, facilitando aos países industrializados compensar em conjunto suas emissões poluentes de gases do efeito estufa. Porciúncula é um município conhecido pelo desenvolvimento agropecuário e pela descaracterização dos ecossistemas associados ao bioma Mata Atlântica. Frente a este cenário caótico está à Fazenda Nova Canaã, localizada na área de Preservação Ambiental (APA) Ribeirão da Perdição, seu ecossistema florestal é prestador de uma série de serviços ambientais como o estoque de carbono e o sequestro de CO_2. A equipe de pesquisadores da Helium Corp Engenharia, realizou a quantificação da biomassa ($B_{madeira}$) do fuste, que resultou em estimativas de 398,4753 $t.ha^{-1}$, o que correspondeu a 199,2377 $tC.ha^{-1}$. Também se fez uso da análise da distribuição espacial do carbono estocado, pelo software de sistema de informações geográficas (SIG), através do método IDW de interpolação. As estimativas obtidas para o ecossistema florestal da fazenda podem ser usadas como referência para o estabelecimento de projetos de restauração florestal, no âmbito do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo, estabelecido no Protocolo de Quioto.

Palavras-chave: Serviço Ambiental, Créditos de Carbono, Mata Atlântica, Inventário Florestal.

I INTRODUÇÃO

O Brasil concentra aproximadamente 54,4% do total do seu território ocupado por florestas (FLORESTAS DO BRASIL, 2015), segundo os últimos dados apresentados pelo Florestas do Brasil em Resumo no ano de 2015. Desse percentual apresentado, cerca de 12,5% correspondem à área do bioma Mata Atlântica (SOS Mata Atlântica, 2015), no qual se estende por 17 Estados da federação, indo do Estado do Rio Grande do Sul ao Rio Grande do Norte, abrangendo desde as regiões litorâneas, como planaltos e serras do interior.

No estado do Rio de Janeiro o bioma Mata Atlântica apresenta formações fito ecológicas características, constituído pelos ecossistemas florestais: Floresta Estacional Semidecicual e Floresta Ombrófila Densa. Está última apresenta subdivisões em sua fito fisionomia, sofrendo variações de acordo com a faixa altimétrica do relevo onde está inserida, denominadas de: Aluvial, das Terras Baixas, Submontana, Montana e Alto-Montana (SOS Mata Atlântica, 2015).

Segundo LINO & DIAS (2003), além deste importante conjunto de ecossistemas florestais, a Mata Atlântica também abrange outros ecossistemas associados como mangues, restingas, florestas mistas (de Araucárias) e campos de altitude.

A maior parte do território do Noroeste Fluminense localiza-se na região fito ecológica de Floresta Estacional Semidecidual, e uma pequena parte em Floresta Ombrófila Densa, mais ao sul da região, no município de São Fidélis, próximos ao Parque Estadual do Desengano.

SOFFIATI (2011) descreve a eco-história da devastação das florestas estacionais do norte-noroeste fluminense, entre os períodos colonial e republicano, com a mata sendo inicialmente derrubada pela exploração madeireira, atrás de madeiras nobres, para uso na agroindústria canavieira, e depois pela agricultura extensiva cafeeira e a criação de bovinos, se incumbindo de dizimar, ao logo de aproximadamente um século e meio, o que inicialmente parecia infinito para os primeiros colonizadores e viajantes.

No entanto, mesmo perante o vasto processo histórico de desmatamento, o bioma Mata Atlântica contempla uma das maiores biodiversidades do planeta, onde são encontradas grandes concentrações de espécies endêmicas (Myers *et al.*, 2000) e elevado estádio de degradação. Com isto, é possível considerá-lo como um *hotspot*, sendo a conservação de seus recursos naturais de suma importância para a humanidade.

As plantas são organismos autótrofos, necessitam do CO_2 para produção do seu alimento por meio do processo fotossintético, em vegetais lenhosos a incorporação de parte deste carbono no xilema secundário da planta, popularmente conhecido como madeira. Existem métodos que possibilitam avaliar a concentração de carbono em vegetais lenhosos, todavia em florestas nativas estes métodos são estimados, uma vez que em uma comunidade não existe um modelo único de crescimento e morfotipo, por se tratar de um conjunto de populações dependente das relações ecológicas.

Entre os múltiplos serviços ambientais prestados pelas florestas nativas, destacam-se o sequestro e estocagem do carbono, em face da intensificação do efeito-estufa e do consequente aquecimento global (SILVA *et al*., 2019). Os fenômenos citados são decorrentes do aumento da concentração dos gases de efeito-estufa, principalmente dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O), provenientes de emissões humanas (HENRY *et al*., 2011).

Visando mitigar os impactos antrópicos decorrentes da emissão de gases do efeito estufa, criou-se o Protocolo de Quioto, que tinha como objetivo principal à redução das emissões destes gases em 5,0% durante o período de 2008 a 2012, que corresponde ao primeiro período de compromisso (SILVA *et al*., 2019). O Protocolo entrou oficialmente em vigor em fevereiro de 2005 e trouxe como inovação três mecanismos de flexibilização: Comércio de Emissões, Implementação Conjunta e Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), pelo qual é possível obter as Reduções Certificadas de Emissões (RCEs), que são um dos tipos de créditos de carbono existentes. Destaca-se que entre esses três mecanismos de flexibilização, apenas o MDL permite a participação de países em desenvolvimento como o Brasil, sendo, portanto, uma forma de o país inserir-se no recente e inovador mercado de créditos de carbono(TORRES *et al*., 2013).

A Fazenda Nova Canãa está inserida na Área de Proteção Ambiental (APA) Ribeirão da Perdição, que possui 6.141 hectares, nos quais 85 nascentes encontram-se preservadas. O Ribeirão da Perdição é importante contribuinte do Rio Carangola. AAPA Ribeirão da Perdição, estando situada na MBH Ribeirão Caeté, isto é, em área classificada pelo Ministério do Meio Ambiente como prioritária para conservação. Fortificando assim a sua importância no contexto ambiental da região Noroeste Fluminense, bem como de Porciúncula (PMMA-PORCIÚNCULA, 2015).

Frente à importância da Fazenda Nova Canaã para o Estado do Rio de Janeiro e a necessidade de preservação do seu ecossistema, a equipe de pesquisadores da Helium Corp Engenharia, realizou este trabalho, que teve como objetivo quantificar biomassa em m^3 por meio da instalação de 16 parcelas (U.A) quadráticas de 500 m^2 cada, dispostas aleatoriamente num fragmento florestal de 440.000 m^2

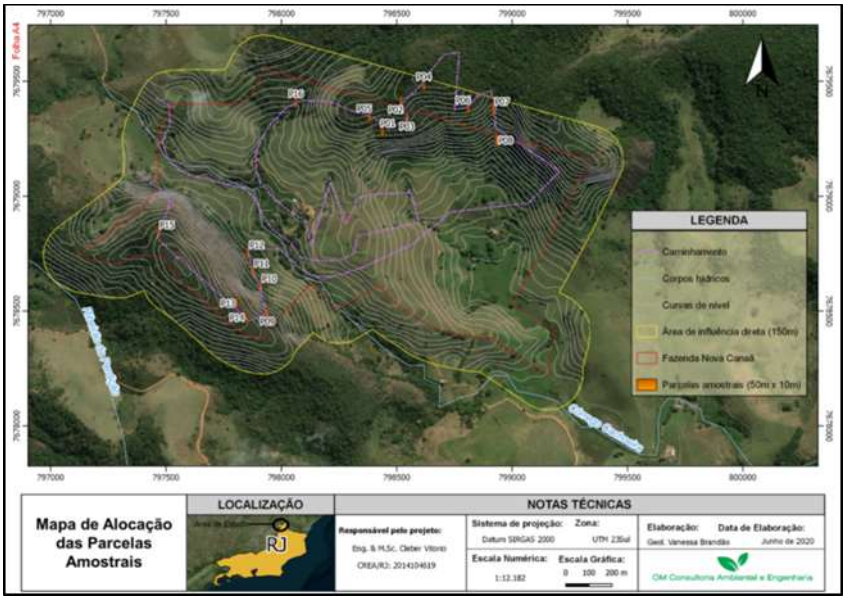
abrangendo uma área de amostragem de 8.000 m^2, com a finalidade de estimar o carbono em $tC.ha^{-1}$ que é estocado pelo ecossistema florestal da fazenda e analisar a sua distribuição geoespacial pelo método IDW de interpolação.

II METODOLOGIA

Caracterização da área de Estudo

O Fragmento florestal está localizado na área de influência da Fazenda Nova Canãa (figura 1) na APA Ribeirão da Perdição, município de Porciúncula, segundo a Reserva da Biosfera, a fazenda está inserida na área de mosaicos de corredores da Mata Atlântica e é uma das 84 áreas destinadas à conservação da Mata Atlântica porciunculense (PMMA-PORCIÚNCULA, 2015), sendo a maior parte de sua cobertura vegetação composta por florestas de estágios secundários e pastagens.

Figura 1.Área da Fazenda Nova Canãa e disposição das unidades amostrais na área de estudos.



Fonte: próprios autores

O município de Porciúncula se insere no domínio fito fisionômico floresta estacional semidecidual, tendo um mosaico de fisionomias florestais degradadas e impactadas típicas de áreas com histórico de atividades agrícolas e de pecuária.

Porciúncula apresenta um clima Tropical, havendo muito mais pluviosidade no verão que no inverno. O clima é classificado como Aw segundo a Köppen e Geiger. A temperatura média em Porciúncula é de 22,4 °C. Tem uma pluviosidade média anual de 1188 mm. O mês mais seco é Julho que tem 12 mm de precipitação. O mês de dezembro é o mês com maior precipitação, apresentando uma média de

225 mm. O mês mais quente do ano é Fevereiro com uma temperatura média de 25,4 °C. Ao longo do ano Julho tem uma temperatura média de 18,7 °C, sendo a temperatura média mais baixa do ano.

A Fazenda Nova Canãa está inserida na microbacia Ribeirão Caeté que é prioritária, isto devido a larga presença de fragmentos florestais e corredores ecológicos, cuja conservação é importante para a preservação da fauna e da flora, conservação cênica da paisagem e a densa malha de corpos hídricos, das quais a proteção é essencial para a manutenção do balanço hídrico local e regional, além da própria qualidade ambiental dos corpos hídricos.

A área de estudos está inserida no domínio das unidades denudacionais em rochas cristalinas, dominada por colinas dissecadas e morros baixos e atingem cotas de no máximo 992 m. Em geral, as colinas identificadas apresentam vertentes côncavas e topos arredondados que formam um vale, onde está inserido o Rio Paraíba do sul. Amplitude de relevo que varia de 340 a 640 m e inclinação de vertentes de 5-20º. Devido a sua morfologia, o relevo presente pode sofre atuação frequente de processos de erosão laminar e ocorrência esporádica de processos de erosão linear acelerada. Os solos predominantes na área de estudos são: latossolosos vermelho-amarelo distróficos e argissolos vermelho-amarelo eutróficos.

Delineamento Amostral e Análise

De 17 de abril até 24 de abril de 2020, foram demarcadas 16 unidades amostrais quadráticas (10x50m) na área do empreendimento, totalizando 8.000 m^2 de área amostral (figura 1) o fragmento estudado possui uma área total de 440.000 m^2, a equipe de campo levantou todas as espécies botânicas existentes nas parcelas quadráticas de 500 m^2, foram utilizados trena e barbante para confecção destas parcelas. Dentro de cada parcela quadrática, foram coletadas espécies arbóreas com CAP maior ou igual a 5cm, estimou-se a altura dos indivíduos amostrados. As unidades amostrais foram marcadas com fita zebrada e os indivíduos amostrados emplacados. O vértice mais próximo do acesso à unidade amostral foi georreferenciado utilizando um GPS com precisão de 3 metros sob cobertura vegetal. Os indivíduos foram coletados e catalogados no herbário do laboratório de plantas forrageiras da UFRRJ do instituto de zootecnia e armazenados no laboratório de Mapeamento Ambiental da UFRRJ (LAMAGEDENASA).

A amostragem aleatória simples é o processo fundamental de seleção a partir do qual derivam todos os demais procedimentos de amostragem, visando aumentar a precisão das estimativas e reduzir os custos do levantamento (RIBEIRO *et al*., 2009).

A amostragem aleatória simples se constitui no melhor método para apresentação da teoria da amostragem, pois permite estimar o erro de amostragem. A seleção de cada unidade amostral deve ser livre de qualquer escolha e totalmente independente da seleção das demais unidades de amostra. A equação para o cálculo da suficiência amostral em amostragem aleatória simples é demonstrada a seguir (conforme Husch *et al.*1982) (equação 1):

$$n=N\times S^2\times t^2/(N\times(E\times \bar{x})^2+S^2\times t^2 \quad (1)$$

Where:

n = number of parcels to be raised;

N = total number of samples possible in the area;

t = value of probability distribution ($t_{0.5}$, with n-1 GL);

S^2 = variance of the parameter evaluated;

$\bar{x}$ = average

E = Error (5%) and X=Average of the parameter evaluated.

A seguir são definidos os símbolos para identificar as variáveis da comunidade:

A suficiência da amostra foi calculada com base na biomassa (m^3), tendo em vista o interesse da avaliação da quantificação de biomassa em m3, a quantificação de carbono armazenado no $tC.ha^{-1}$ e a estimativa do CO_2 equivalente (t) de indivíduos providos de xilema secundário com CAP igual ou superior a 5 cm.

Para análise de biomassa total por espécie e família botânicautilizou-se a equação volumétrica de CETEC (1995) que é utilizada por outros autores (RIBEIRO *et al*., 2009; SILVA *et al*., 2019), para vegetação de Floresta Atlântica (equação 2):

$$Vt=0.00007423\times DAP^{1.707348}\times Ht^{1.16873} \quad (2)$$

Where:

Vt= total volume of the bole;

DAP = 1.30 m above the ground;

Ht = total height of each stem.

A estimativa da biomassa de fuste foi realizada usando-se o método não destrutivo, em função da impossibilidade de utilização do método destrutivo, devido a restrições de ordens legais e operacionais. Assim, foi avaliada apenas a biomassa do fuste e não de outros compartimentos florestais, como galhos, folhas, casca e lianas.

O método indireto de quantificação de biomassa baseia-se no uso de relações empíricas entre a biomassa e outras variáveis da árvore (DAP, altura total etc.) (CETEC, 1995), relações essas expressas por meio de modelos estatísticos (SILVA *et al*, 2019). Alguns cuidados devem ser tomados na sua aplicação, a fim de se evitar erro significativo no cálculo da biomassa: a análise criteriosa das situações de campo (ex. árvores ocas) e a amostragem representativa da área (SILVA *et al*, 2018).

Esse método é, muitas vezes, considerado uma alternativa mais precisa do que o método direto, visto que neste último as informações obtidas costumam vir de parcelas de pequeno tamanho, em pequeno número e selecionadas de forma intencional, geralmente em áreas que sejam mais representativas do todo (Brown *et al*., 1989). Essa conduta pode introduzir erros de tendência nas estimativas, o que pode levar a super ou subestimativas da biomassa média da floresta avaliada.

Considerando-se o uso do método não destrutivo, foi realizada a seleção das espécies com xilema secundário da área (CETEC, 1995), outrossim, obtiveram-se os valores de densidade básica para cada uma das espécies lignificadas selecionadas, com base em estudos já existentes (LORENZI, 2014; IBAMA, 2014; SILVA *et. al*, 2019).Para determinar a densidade básica de espécies não identificadas (Indet), coletamos corpos de evidência usando uma sonda Pressler. As coletas eram realizadas sempre pela manhã, a fim de evitar possíveis variações cujos valores pudessem ser causados por alterações no potencial hídrico e na transpiração após o meio dia, as amostras eram armazenadas individualmente em um saco plástico selado até as medições laboratoriais. Foi realizada a metodologia para determinação da densidade básica da madeira no laboratório, conforme instruído na norma ABNT NBR 11941 NBR11941, assim como para indivíduos falecidos, utilizamos um valor médio dos corpos de prova amostrados.

A partir dos valores de densidade básica obtidos, já convertidos em $Ton.m^{-3}$, calculou-se a densidade básica média (d) de toda a floresta madura, ponderada pelo valor de cobertura, conforme a equação 3:

$$d=\sum_{i-=1}^{n}\left[\!\left[Db_i\times\left(\frac{VC_i}{\sum_{i-=1}^{n}VC_i}\right)\right]\!\right] \quad (3)$$

Where:

n = number of selected species;

Dbi = basic density of the ith species selected, in Ton.m^{-3}; and

VCi = average value of coverage of the i-th species with secondary xylem.

A biomassa da madeira presente no fuste de cada árvore foi estimada, pela multiplicação da densidade básica média da madeira pelos volumes de fuste (equação 2), conforme a equação 4:

$B_{wood}=d\times\bar{x}\times Vt$ (4)

Where:

B = biomass of the stem, in Ton;

d= average basic density of the wood, in Ton.m^{-3}; and

Vt = total volume estimated de Stem, in m^3.

O carbono estocado (EC) na biomassa bole foi estimado por meio da multiplicação das estimativas de biomassa obtidas pelo fator 0,5. Considerando que a biomassa seca contém aproximadamente 50% de carbono (RIBEIRO *et al*., 2009). Em seguida, o estoque de carbono foi extrapolado para toneladas por hectare. Após a obtenção do carbono estocado (t) para cada unidade amostral, bem como sua análise de similaridade através do método multivariado NMDS, fez-se uso da análise espacial, por software de sistema de informações geográficas (SIG), através do método IDW de interpolação, as amostras de pontos foram pesadas durante a interpolação de acordo com a influência de um ponto relativo, isto é, cada parcela analisada, e que a outro declina com a distância a partir de um ponto desconhecido, que foi o total da cobertura florestal da Fazenda Nova Canaã.

III RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Inventário foi planejado e executado buscando atender a um limite de erro de 5% a 95% de probabilidade. Foram mensuradas 1224 árvores (1257 fustes), distribuídas em 39 famílias, foram identificados 89 táxons ao nível de espécie. Não foram encontrados indivíduos mortos para as 16 parcelas amostrais. Para o cálculo da suficiência amostral em amostragem aleatória simples, tendo como variável de interesse a biomassa (m3) para indivíduos lignificados, encontrou-se um n= 16 unidades amostrais (U.A) para a área total de 440.000 m2 (N=880; S2= 12,33934717; S= 3,512741; Std. Error= 0,8781852; CV= 32,43165 %; IC= (9,217306597≤ μ ≤ 12,44511928) = P, portanto a alocação de

16 parcelas de 500 m^2 durante o inventário piloto, foi uma amostragem representativa para este trabalho, concluindo-se assim, que a amostragem foi suficiente.

Tabela 1. Lista de espécies encontradas na Fazenda Nova Canãa, Porciúncula-RJ, segundo as variáveis dendrométricas

Família	Táxon	Espécimes	Fustes	Σ G (m^2)	DAP x -bar	H x -bar
Lamiaceae	*Aegiphila integrifolia*	3	3	0,036817	11,52	7,3
Fabaceae	*Albizia polycephala*	5	5	0,10438	15,23	10,1
Euphorbiaceae	*Alchornea glandulosa*	2	2	0,015794	9,18	5,0
Sapindaceae	*Allophylus edulis*	5	5	0,090121	13,90	9,2
Sapindaceae	*Allophylus sp.1*	1	1	0,004974	7,96	5,0
Verbenaceae	*Aloysia virgata*	1	1	0,003993	7,13	3,0
Rubiaceae	*Amaioua guianensis*	17	17	0,090142	7,85	5,2
Fabaceae	*Anadenanthera colubrina*	36	37	0,807902	12,74	7,8
Nyctaginaceae	*Andradea floribunda*	1	1	0,027513	18,72	9,0
Annonaceae	*Annona cacans*	1	1	0,058037	27,18	14,0
Annonaceae	*Annona dolabripetala*	11	11	0,127776	11,46	9,7
Annonaceae	*Annona sp.1*	2	2	0,015751	10,01	12,0
Annonaceae	*Annona sylvatica*	6	11	0,056979	8,01	4,6
Euphorbiaceae	*Aparisthmium cordatum*	2	2	0,008027	6,99	5,3
Fabaceae	*Apuleia leiocarpa*	34	41	0,670099	13,56	8,8
Arecaceae	*Astrocaryum aculeatissimum*	3	3	0,02958	11,17	4,3
Anacardiaceae	*Astronium graveolens*	7	7	0,119287	13,41	8,7
Rubiaceae	*Bathysa australis*	12	24	0,213667	9,96	6,0
Fabaceae	*Bauhinia forficata*	1	1	0,042756	23,33	7,0
Moraceae	*Brosimum guianense*	24	30	0,26155	9,84	6,8
Moraceae	*Brosimum sp.1*	5	6	0,032493	7,97	6,7
Malpighiaceae	*Byrsonima sp.1*	4	4	0,363731	33,26	16,8
Myrtaceae	*Campomanesia guaviroba*	17	19	0,130326	8,59	5,4
Lecythidaceae	*Cariniana legalis*	2	2	0,654893	51,65	15,3
Salicaceae	*Casearia arborea*	3	3	0,008458	5,98	4,8
Salicaceae	*Casearia commersoniana*	6	7	0,324347	18,63	11,4
Salicaceae	*Casearia sp.1*	4	5	0,0447	10,15	6,4
Salicaceae	*Casearia sylvestris*	17	21	0,209299	10,01	6,5
Urticaceae	*Cecropia hololeuca*	3	4	0,318885	30,50	16,8
Urticaceae	*Cecropia pachystachya*	1	1	0,005175	8,12	5,0
Meliaceae	*Cedrela fissilis*	3	3	0,181657	21,95	9,7
Malvaceae	*Ceiba speciosa*	1	1	0,091962	34,22	20,0
Chrysobalanaceae	*Chrysobalanaceae 1*	1	1	0,003057	6,24	6,0
Sapotaceae	*Chrysophyllum aff. gonocarpum*	2	4	0,018414	7,17	4,6
Sapotaceae	*Chrysophyllum sp.1*	3	4	0,01084	5,84	5,8
Rutaceae	*Citrus sp.1*	1	1	0,009582	11,05	4,5
Boraginaceae	*Cordia trichoclada*	2	2	0,022293	11,90	5,0
Rubiaceae	*Coussarea sp.1*	2	4	0,031053	9,86	8,0
Sapindaceae	*Cupania oblongifolia*	11	16	0,193104	11,18	7,1

Cyatheaceae	*Cyathea sp.1*	1	1	0,009748	11,14	4,0
Fabaceae	*Dalbergia nigra*	19	19	0,133099	8,70	5,5
Fabaceae	*Dalbergia sp.1*	1	1	0,087734	33,42	12,0
Sapotaceae	*Ecclinusa ramiflora*	3	3	0,10179	17,78	9,8
Lauraceae	*Endlicheria sp.1*	1	3	0,077972	15,82	6,8
Fabaceae	*Enterolobium contortisiliquum*	1	1	0,006418	9,04	7,5
Malvaceae	*Eriotheca sp.1*	1	1	0,052728	25,91	23,0
Fabaceae	*Erythrina verna*	2	2	0,077288	20,13	11,3
Erythroxylaceae	*Erythroxylum coelophlebium*	13	13	0,085478	8,79	7,0
Erythroxylaceae	*Erythroxylum pulchrum*	46	47	0,751991	11,91	7,1
Arecaceae	*Euterpe edulis*	33	34	0,31885	10,56	7,6
Fabaceae	*Fabaceae 1*	16	23	0,32707	12,54	7,2
Fabaceae	*Fabaceae 2*	1	1	0,261857	57,74	24,0
Fabaceae	*Fabaceae 3*	1	1	0,037231	21,77	15,0
Rubiaceae	*Faramea sp.1*	3	3	0,01745	8,37	5,7
Moraceae	*Ficus clusiifolia*	1	1	0,560944	84,51	18,0
Nyctaginaceae	*Guapira opposita*	2	2	0,008074	6,99	4,5
Meliaceae	*Guarea guidonia*	83	96	3,284336	15,78	7,8
Annonaceae	*Guatteria ferruginea*	32	34	0,565845	13,32	10,0
Bignoniaceae	*Handroanthus chrysotrichus*	2	2	0,008841	7,48	5,5
Indeterminada	*Indeterminada 1*	1	1	0,135522	41,54	18,0
Indeterminada	*Indeterminada 2*	1	1	0,013247	12,99	12,0
Indeterminada	*Indeterminada 3*	1	1	0,003644	6,81	5,0
Indeterminada	*Indeterminada 4*	1	2	0,081733	22,65	10,0
Indeterminada	*Indeterminada 5*	1	1	0,017955	15,12	12,0
Fabaceae	*Inga laurina*	1	1	0,010371	11,49	7,5
Caricaceae	*Jacaratia spinosa*	1	1	0,007647	9,87	7,0
Euphorbiaceae	*Joannesia princeps*	1	1	0,014714	13,69	17,0
Lacistemataceae	*Lacistema pubescens*	12	13	0,114994	9,53	6,6
Lecythidaceae	*Lecythidaceae sp.*	3	4	0,065493	13,23	9,5
Lecythidaceae	*Lecythis pisonis*	1	1	0,035403	21,23	12,0
Chrysobalanaceae	*Licania sp.1*	1	1	0,021518	16,55	13,5
Malvaceae	*Luehea divaricata*	13	14	0,290585	14,18	6,8
Euphorbiaceae	*Mabea fistulifera*	114	129	1,516042	10,50	8,6
Fabaceae	*Machaerium nyctitans*	2	2	0,022873	11,84	7,0
Fabaceae	*Machaerium sp.1*	1	1	0,046693	24,38	14,0
Fabaceae	*Machaerium sp.2*	1	1	0,009472	10,98	8,0
Fabaceae	*Machaerium sp.3*	1	1	0,227281	53,79	23,0
Moraceae	*Maclura tinctoria*	1	1	0,007946	10,06	7,0
Euphorbiaceae	*Maprounea guianensis*	1	1	0,016114	14,32	8,0
Sapindaceae	*Matayba guianensis*	3	3	0,018295	8,23	5,0
Melastomataceae	*Miconia dodecandra*	5	5	0,144859	17,91	12,0
Melastomataceae	*Miconia prasina*	8	10	0,060135	8,30	5,8
Melastomataceae	*Miconia sp.1*	1	1	0,007896	10,03	9,0
Myrtaceae	*Myrcia splendens*	24	25	0,245366	10,49	8,1
Primulaceae	*Myrsine guianensis*	6	6	0,094588	14,01	8,9
Primulaceae	*Myrsine sp.1*	2	2	0,077319	21,77	13,5

Lauraceae	*Nectandra membranacea*	4	4	0,173976	19,63	12,5
Lauraceae	*Nectandra oppositifolia*	1	1	0,008666	10,50	10,0
Lauraceae	*Nectandra sp.1*	1	1	0,002578	5,73	3,0
Lauraceae	*Ocotea sp.1*	1	1	0,003852	7,00	5,0
Lauraceae	*Ocotea sp.2*	1	1	0,056552	26,83	20,0
Lauraceae	*Ocotea sp.3*	1	1	0,001962	5,00	4,5
Ochnaceae	*Ouratea cuspidata*	2	2	0,007394	6,78	6,0
Piperaceae	*Piper amalago*	1	1	0,0023	5,41	4,0
Piperaceae	*Piper arboreum*	4	4	0,014879	6,73	4,3
Fabaceae	*Piptadenia gonoacantha*	10	10	0,593228	24,84	13,2
Asteraceae	*Piptocarpha macropoda*	1	1	0,033518	20,66	13,0
Fabaceae	*Plathymenia reticulata*	4	4	0,685817	42,76	16,5
Fabaceae	*Platycyamus regnellii*	9	15	0,881794	25,00	13,2
Fabaceae	*Platypodium elegans*	2	2	0,041383	14,04	9,0
Urticaceae	*Pourouma guianensis*	2	4	0,053255	12,22	8,8
Sapotaceae	*Pouteria aff.guianensis*	1	2	0,528627	44,01	20,0
Sapotaceae	*Pouteria sp.1*	1	1	0,007162	9,55	5,0
Fabaceae	*Pseudopiptadenia contorta*	83	85	2,33976	14,61	9,3
Rubiaceae	*Psychotria vellosiana*	5	5	0,013012	5,72	4,4
Araliaceae	*Schefflera morototoni*	1	1	0,012166	12,45	12,0
Phytolaccaceae	*Seguieria americana*	1	2	0,005326	5,81	5,0
Euphorbiaceae	*Senefeldera verticillata*	3	4	0,046944	10,96	7,1
Fabaceae	*Senna macranthera*	1	1	0,028172	18,94	13,0
Siparunaceae	*Siparuna guianensis*	70	74	0,242587	6,38	4,5
Solanaceae	*Solanum sp.1*	1	1	0,023291	17,22	10,0
Malvaceae	*Spirotheca rivieri*	1	1	0,003279	6,46	4,0
Fabaceae	*Sweetia fruticosa*	2	3	0,101536	18,47	9,8
Arecaceae	*Syagrus romanzoffiana*	5	5	0,081674	13,87	5,2
Apocynaceae	*Tabernaemontana laeta*	1	2	0,036578	14,64	6,0
Fabaceae	*Tachigali paratyensis*	2	2	0,17017	26,74	13,0
Meliaceae	*Trichilia elegans*	88	95	0,719674	9,29	6,0
Meliaceae	*Trichilia hirta*	3	3	0,050182	13,79	7,5
Meliaceae	*Trichilia pallida*	51	51	0,295874	8,25	5,6
Meliaceae	*Trichilia sp.1*	1	1	0,029903	19,51	13,0
Myristicaceae	*Virola gardneri*	4	4	0,12367	15,34	10,4
Annonaceae	*Xylopia brasiliensis*	17	17	0,328091	14,71	12,4
Annonaceae	*Xylopia sericea*	10	10	0,420654	17,62	11,1
Rutaceae	*Zanthoxylum rhoifolium*	1	1	0,006284	8,94	7,5
Bignoniaceae	*Zeyheria tuberculosa*	3	3	0,013966	7,44	3,8

Fonte: próprios autores

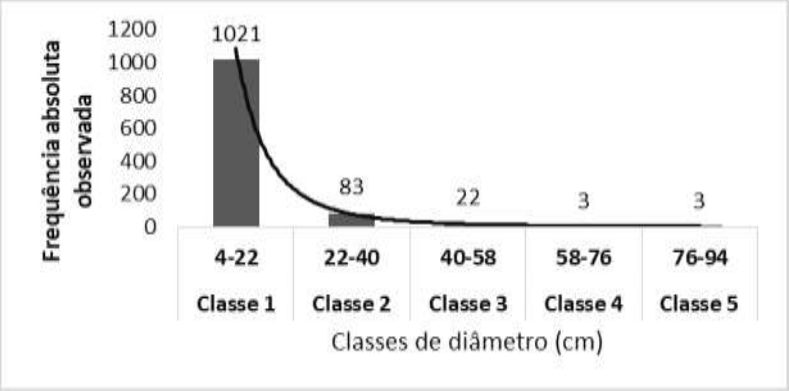
Dentre as árvores e palmeiras encontradas no estrato arbóreo foram registradas 125 espécies, distribuídas por 41 famílias (Tabela 1), sendo de maior riqueza de espécies, as famílias: Fabaceae com 24 espécies, Lauraceae e Annonaceae com 7 espécies e Meliaceae e Euphorbiaceae com 6 espécies, segundo SILVA *et al*. (2018), para inventários florísticos realizados no bioma Mata Atlântica, Fabaceae

e Lauraceae estão entre as famílias botânicas de maior destaque, pois são famílias que possuem coevolução com muitas espécies da fauna possuindo um alto potencial de dispersão, enquanto Bignoniaceae que apresentou duas (2) espécies, tem maiores riquezas para áreas abertas de pastagens e capoeiras, devido a facilitação de dispersão pelo vento.

Das 125 espécies levantadas, 6 possuem *status* de ameaça segundo a lista da portaria MMA nº443/2014 e CNC, são elas: *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr. (CNC-VU; MMA-VU), *Dalbergia nigra* (Vell.) Allemão ex Benth. (CNC-VU; MMA-VU), *Zeyheria tuberculosa* (Vell.) Bureau ex Verl. (CNC-VU; MMA-VU), *Euterpe edulis* Mart. (CNC-VU; MMA-VU), *Cedrela fissilis* Vell. (CNC-VU; MMA-VU) e *Cariniana legalis* (Mart.) Kuntze (CNC-VU; MMA-VU).

Os diâmetros das árvores mensuradas no inventário foram distribuídos em cinco classes com amplitude de 18 cm, cuja distribuição das frequências é mostrada pela Figura 2. O comportamento do gráfico na forma de "J" invertido, também conhecido como floresta conhecida como multiânea, na qual não se sabe a idade das árvores e se encontram também vários estágios de regeneração. Nas florestas nativas, há uma grande diversidade de espécies, disposição de luminosidade distinta e outros fatores preponderantes para esta elevada diferenciação. É esperado para esse tipo de formação florestal, tendo em vista que a área amostrada é composta em grande parte por espécies secundárias iniciais. Tais espécies possuem características de regeneração abundante, concentrando grande quantidade de indivíduos nas primeiras classes de diâmetro (SILVA *et al*., 2017).

Gráfico 1. Distribuição da frequência por classe de DAP das árvores mensuradas.

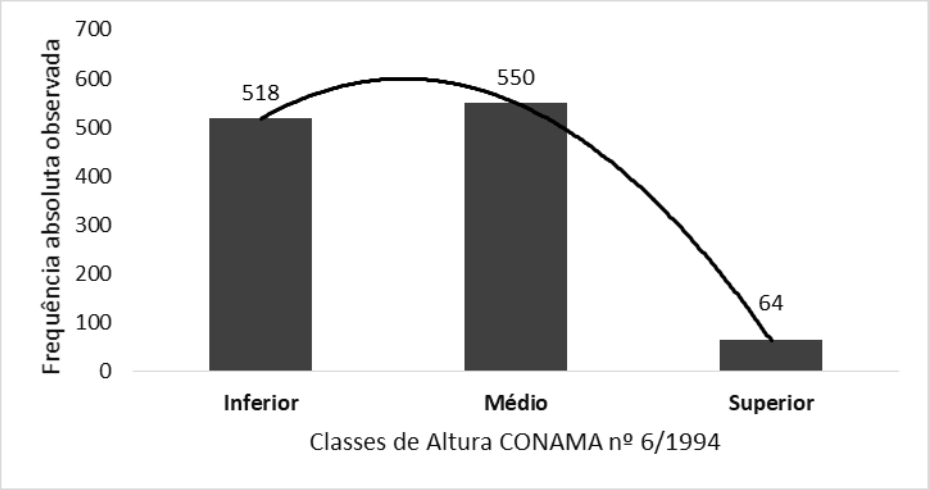


Fonte: próprios autores

Segundo Martins, 1991, as estimativas das alturas dos indivíduos arbustivo-arbóreos podem fornecer informações importantes tanto para a interpretação de estrutura vertical da floresta como auxiliar na compreensão da dinâmica das populações que a compõem. As alturas das árvores mensuradas no

inventário foram distribuídas em três classes, inferior < 6,2 m, médio 6,2 m < 14,2 m e superior >14,2 m conforme a Resolução CONAMA nº 6/1994. Das 1132 árvores mensuradas, 518 indivíduos encontram-se no estrato inferior, 550 no estrato médio e 64 no estrato superior. As espécies que apresentaram indivíduos com as maiores incrementos de alturas médias foram: *Ceiba speciosa*, *Ocotea sp.2*, *Pouteria aff.guianensis*, *Ficus clusiifolia*e boleira *Joannesia princeps*, todos com espécimes cujas alturas superam ou se igualam a 17 m. Indicando um ambiente de regeneração e com recrutamento de novos indivíduos em cada estrato do ecossistema florestal.

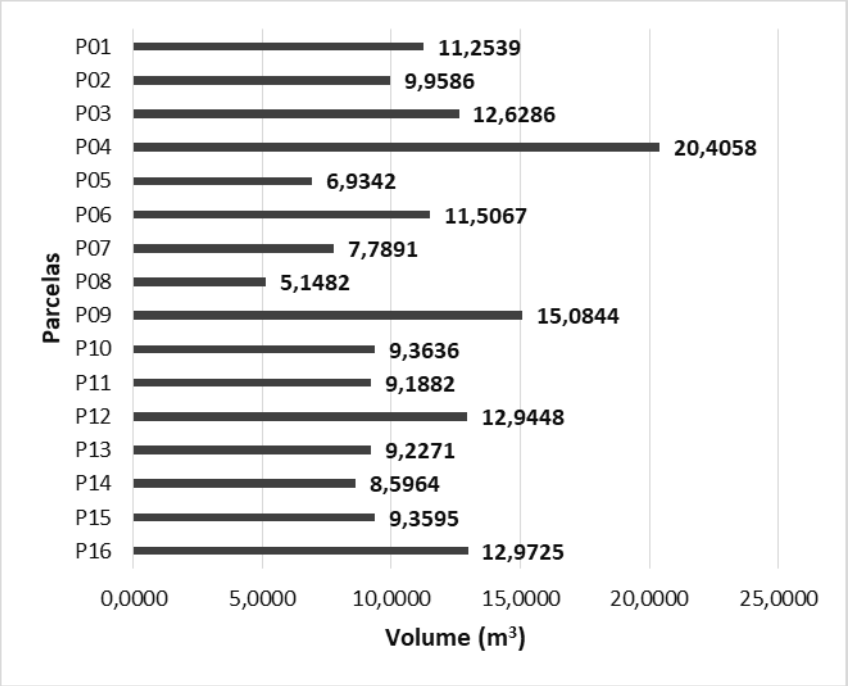
Gráfico 2. Estrutura vertical do ecossistema florestal.



Fonte: próprios autores

Para a análise de volume (Vt), nos 8.000 m^2 de área de estudos, foram quantificados 172,3614m^3 de biomassa, distribuídos para as 16 parcelas amostrais (Figura 4), assim para cada hectare de área lenhosa da fazenda Nova Canãa espera-se a quantificação de 215,4517m^3.

Gráfico 3. Volume (m^3) por parcela.



Fonte: próprios autores

As famílias que apresentaram maior expressão de volume em m^3(Tabela 2) são: Fabaceae (67, 592m^3), Meliaceae (26,615m^3) e Annonaceae (12,378m^3).

Tabela 2. Total de volume (m^3), por família botânica amostrada.

Famílias Botânicas	Σ Volume (m^3)
Fabaceae	67,592
Meliaceae	26,615
Annonaceae	12,378
Euphorbiaceae	9,417
Lecythidaceae	7,148
Moraceae	5,867
Salicaceae	4,830
Sapotacaeae	4,617
Erythroxylaceae	4,592
Urticaceae	3,526
Malpighiaceae	3,519
Malvaceae	3,338
Lauraceae	3,104

Indeterminada	2,000
Myrtaceae	1,951
Rubiaceae	1,758
Sapindaceae	1,721
Myristicaceae	1,334
Melastomataceae	1,251
Primulaceae	1,189
Sapotaceae	0,829
Siparunaceae	0,781
Anacardiaceae	0,778
Lacistemataceae	0,655
Asteraceae	0,262
Chrysobalanaceae	0,201
Lamiaceae	0,187
Nyctaginaceae	0,170
Apocynaceae	0,148
Solanaceae	0,141
Araliaceae	0,100
Bignoniaceae	0,069
Boraginaceae	0,067
Rutaceae	0,059
Piperaceae	0,052
Caricaceae	0,036
Ochnaceae	0,034
Phytolaccaceae	0,020
Verbenaceae	0,008

Fonte: próprios autores

Das 121 espécies dotadas de xilema secundário, a mais representativa em biomassa (m^3) foi *Pseudopiptadenia contorta*, a segunda foi *Guarea guidonia*, que sozinhas representam cerca de 25,21% de biomassa (m^3) na comunidade florestal analisada. Estas espécies também apresentaram os maiores valores de cobertura (VC), valor de importância (VI) e carbono estocado por hectare (Tabela 3). Quanto a diversidade ecológica da área de estudos, foi encontrado o Índice de Shannon de 3,748 $nats.Ind^{-1}$, valor considerado alto para a Mata Atlântica segundo a Resolução CONAMA nº 06/1994 e

a Equitabilidade de Pielou foi de 0,7762.Indicando que existe uma dominância na biocenose florestal, quanto a distribuição das espécies para o espaço amostral de alocação das 16 parcelas (U.A).

Tabela 3. Lista de espécies encontradas na Fazenda Nova Canãa, Porciúncula-RJ, segundo o valor de importância e o valor de cobertura. Legenda: VI: valor de importância; VC: valor de cobertura; $B_{madeira}$: biomassa de madeira; EC (t): carbono estocado.

Nome Científico	Σ Volume (m^3)	(volume) $m3.ha^{-1}$	$\rho_{madeira}$ (ton/m^3)	VI	VC	$B_{madeira}$	EC (t)	EC ($tC.ha^{-1}$)
Guarea guidonia	20,554	25,6925	0,76	22,84	21,18	137,3251	68,66257	85,828218
Pseudopiptadenia contorta	22,909	28,63625	0,62	19,86	17,2	101,3834	50,69168	63,364601
Mabea fistulifera	8,836	11,045	0,5	18,13	16,46	41,4629	20,73145	25,914314
Trichilia elegans	3,083	3,85375	0,78	12,8	10,81	11,43633	5,718164	7,1477053
Anadenanthera colubrina	6,939	8,67375	0,93	8,248	6,587	7,651238	3,825619	4,7820239
Erythroxylum pulchrum	4,157	5,19625	0,85	9,893	7,235	5,879604	2,939802	3,6747524
Apuleia leiocarpa	4,503	5,62875	0,83	1,054	0,39	3,703753	1,851876	2,3148456
Guatteria ferruginea	4,181	5,22625	0,59	6,874	5,213	2,057721	1,02886	1,2860755
Trichilia pallida	1,272	1,59	0,74	7,746	5,753	1,380364	0,690182	0,8627275
Platycyamus regnellii	7,959	9,94875	0,81	5,51	4,514	1,30942	0,65471	0,8183875
Siparuna guianensis	0,781	0,97625	0,43	11,19	7,207	0,846975	0,423488	0,5293594
Piptadenia gonoacantha	5,171	6,46375	0,75	4,714	3,385	0,656432	0,328216	0,4102702
Xylopia brasiliensis	3,016	3,77	0,7	4,214	2,885	0,517845	0,258922	0,3236528
Brosimum guianense	1,429	1,78625	0,88	5,881	3,223	0,486265	0,243132	0,3039154
Myrcia splendens	1,468	1,835	0,79	5,148	3,155	0,43903	0,219515	0,2743938
Xylopia sericea	3,469	4,33625	0,7	3,986	2,657	0,322686	0,161343	0,2016787
Fabaceae 1	1,712	2,14	0,7	4,122	2,793	0,26776	0,13388	0,1673498
Plathymenia reticulata	6,038	7,5475	0,55	4,242	3,246	0,215548	0,107774	0,1347172
Casearia commersoniana	3,556	4,445	0,84	2,562	1,898	0,170064	0,085032	0,1062899
Luehea divaricata	1,553	1,94125	0,64	4,699	2,374	0,153409	0,076704	0,0958804
Casearia sylvestris	1,032	1,29	0,7	3,713	2,384	0,146434	0,073217	0,091521
Byrsonima sp.1	3,519	4,39875	0,78	2,552	1,887	0,103609	0,051805	0,0647556
Dalbergia nigra	0,544	0,68	0,87	4,898	2,24	0,100771	0,050385	0,0629817
Cariniana legalis	6,399	7,99875	0,53	3,603	2,938	0,099661	0,04983	0,062288
Bathysa australis	0,966	1,2075	0,64	2,958	1,961	0,072746	0,036373	0,0454664
Cupania oblongifolia	1,028	1,285	0,67	2,451	1,786	0,067691	0,033845	0,0423067
Campomanesia guaviroba	0,483	0,60375	0,76	3,717	2,055	0,064109	0,032054	0,0400679
Annona dolabripetala	0,938	1,1725	0,61	3,504	1,511	0,047544	0,023772	0,0297149
Erythroxylum coelophlebium	0,435	0,54375	1	2,506	1,509	0,042643	0,021321	0,0266517
Pouteria aff.guianensis	4,594	5,7425	0,71	2,65	2,318	0,037799	0,0189	0,0236244
Amaioua guianensis	0,347	0,43375	0,67	3,875	1,882	0,037155	0,018577	0,0232218
Lacistema pubescens	0,655	0,81875	0,57	2,542	1,545	0,034609	0,017304	0,0216305
Cecropia hololeuca	3,138	3,9225	0,43	2,606	1,61	0,032584	0,016292	0,0203647
Astronium graveolens	0,778	0,9725	0,97	2,45	1,121	0,02961	0,014805	0,0185063
Nectandra membranacea	1,992	2,49	0,65	1,751	1,087	0,028145	0,014072	0,0175905

Miconia dodecandra	0,957	1,19625	0,73	2,049	1,053	0,018375	0,009188	0,0114845
Ficus clusiifolia	4,242	5,3025	0,34	2,786	2,454	0,017696	0,008848	0,0110601
Virola gardneri	1,334	1,6675	0,56	1,539	0,875	0,013072	0,006536	0,00817
Fabaceae 2	3,098	3,8725	0,7	1,525	1,193	0,012934	0,006467	0,0080835
Albizia polycephala	0,741	0,92625	0,7	2,543	0,882	0,011433	0,005717	0,0071459
Machaerium sp.3	2,612	3,265	0,8	1,379	1,047	0,010939	0,005469	0,0068368
Cedrela fissilis	1,196	1,495	0,55	1,363	1,031	0,010177	0,005089	0,0063609
Myrsine guianensis	0,568	0,71	0,61	1,593	0,929	0,00965	0,004825	0,0060312
Tachigali paratyensis	1,906	2,3825	0,52	1,227	0,894	0,008862	0,004431	0,0055385
Allophylus edulis	0,621	0,77625	0,64	1,818	0,822	0,00816	0,00408	0,0051001
Ecclinusa ramiflora	0,711	0,88875	0,95	1,027	0,694	0,007031	0,003516	0,0043946
Miconia prasina	0,245	0,30625	0,73	2,621	0,96	0,006878	0,003439	0,0042987
Sweetia fruticosa	0,792	0,99	0,99	1,269	0,605	0,004743	0,002372	0,0029645
Annona sylvatica	0,179	0,22375	0,61	1,767	0,77	0,002522	0,001261	0,0015761
Indeterminada 1	1,262	1,5775	0,6	0,992	0,66	0,002497	0,001249	0,0015609
Lecythidaceae sp.	0,5	0,625	0,6	0,873	0,541	0,002433	0,001217	0,0015208
Brosimum sp.1	0,159	0,19875	0,88	0,911	0,579	0,002023	0,001011	0,0012642
Myrsine sp.1	0,621	0,77625	0,61	1,167	0,503	0,001904	0,000952	0,0011902
Casearia sp.1	0,212	0,265	0,7	0,874	0,542	0,001608	0,000804	0,0010051
Trichilia hirta	0,272	0,34	0,78	1,141	0,477	0,001519	0,00076	0,0009496
Senefeldera verticillata	0,233	0,29125	0,79	0,795	0,463	0,001277	0,000639	0,0007983
Dalbergia sp.1	0,542	0,6775	0,87	0,791	0,458	0,00108	0,00054	0,0006752
Erythrina verna	0,612	0,765	0,32	1,167	0,503	0,000985	0,000492	0,0006153
Platypodium elegans	0,33	0,4125	0,82	1,016	0,351	0,000951	0,000475	0,0005941
Ocotea sp.2	0,677	0,84625	0,76	0,659	0,327	0,00084	0,00042	0,0005252
Ceiba speciosa	1,025	1,28125	0,34	0,808	0,476	0,00083	0,000415	0,0005185
Aegiphila integrifolia	0,187	0,23375	0,68	1,417	0,42	0,000804	0,000402	0,0005023
Indeterminada 4	0,478	0,5975	0,68	0,765	0,433	0,000704	0,000352	0,0004398
Pourouma guianensis	0,37	0,4625	0,42	0,733	0,401	0,000624	0,000312	0,0003901
Eriotheca sp.1	0,751	0,93875	0,43	0,643	0,311	0,000501	0,000251	0,0003133
Annona cacans	0,456	0,57	0,61	0,665	0,333	0,000463	0,000232	0,0002895
Endlicheria sp.1	0,35	0,4375	0,58	0,749	0,417	0,000423	0,000212	0,0002646
Psychotria vellosiana	0,041	0,05125	0,7	0,829	0,497	0,00036	0,00018	0,0002253
Machaerium sp.1	0,379	0,47375	0,66	0,617	0,285	0,000356	0,000178	0,0002228
Coussarea sp.1	0,175	0,21875	0,65	0,972	0,308	0,00035	0,000175	0,0002185
Machaerium nyctitans	0,106	0,1325	1,12	0,938	0,273	0,000325	0,000162	0,0002029
Zeyheria tuberculosa	0,035	0,04375	1,8	0,988	0,324	0,000308	0,000154	0,0001928
Fabaceae 3	0,338	0,4225	0,7	0,578	0,245	0,000291	0,000145	0,0001816
Lecythis pisonis	0,25	0,3125	0,88	0,57	0,238	0,000261	0,000131	0,0001632
Trichilia sp.1	0,237	0,29625	0,84	0,547	0,214	0,000214	0,000107	0,0001336
Annona sp.1	0,138	0,1725	0,61	0,575	0,243	0,000205	0,000102	0,0001279
Faramea sp.1	0,073	0,09125	0,53	0,671	0,339	0,000195	9,77E-05	0,0001222
Bauhinia forficata	0,156	0,195	0,9	0,601	0,269	0,000189	9,45E-05	0,0001181
Licania sp.1	0,187	0,23375	0,99	0,511	0,179	0,000166	8,30E-05	0,0001038
Matayba guianensis	0,055	0,06875	0,57	1,339	0,342	0,000162	8,10E-05	0,0001012
Chrysophyllum sp.1	0,049	0,06125	0,7	0,643	0,311	0,000159	7,97E-05	0,0000996
Piper arboreum	0,045	0,05625	0,4	1,413	0,416	0,00015	7,52E-05	9,404E-05

Piptocarpha macropoda	0,262	0,3275	0,45	0,562	0,23	0,000135	6,76E-05	8,453E-05
Senna macranthera	0,226	0,2825	0,55	0,539	0,207	0,000129	6,43E-05	8,033E-05
Andradea floribunda	0,144	0,18	0,85	0,537	0,204	0,000125	6,25E-05	7,81E-05
Chrysophyllum aff. gonocarpum	0,069	0,08625	0,7	0,919	0,254	0,000123	6,15E-05	7,693E-05
Casearia arborea	0,03	0,0375	0,84	0,965	0,301	0,000114	5,68E-05	7,103E-05
Tabernaemontana laeta	0,148	0,185	0,6	0,575	0,243	0,000108	5,39E-05	6,741E-05
Cordia trichoclada	0,067	0,08375	0,5	0,935	0,271	9,13E-05	4,57E-05	5,708E-05
Solanum sp.1	0,141	0,17625	0,64	0,519	0,187	8,43E-05	4,21E-05	5,267E-05
Indeterminada 5	0,14	0,175	0,7	0,496	0,164	8,03E-05	4,02E-05	5,02E-05
Handroanthus chrysotrichus	0,034	0,0425	1,01	0,546	0,214	7,33E-05	3,67E-05	4,582E-05
Joannesia princeps	0,177	0,22125	0,52	0,483	0,15	6,93E-05	3,47E-05	4,333E-05
Alchornea glandulosa	0,06	0,075	0,4	0,908	0,243	5,79E-05	2,90E-05	3,621E-05
Indeterminada 2	0,108	0,135	0,65	0,476	0,144	5,06E-05	2,53E-05	3,16E-05
Guapira opposita	0,026	0,0325	0,83	0,875	0,211	4,51E-05	2,26E-05	2,82E-05
Ouratea cuspidata	0,034	0,0425	0,64	0,54	0,208	4,50E-05	2,25E-05	2,812E-05
Maprounea guianensis	0,079	0,09875	0,72	0,489	0,156	4,47E-05	2,23E-05	2,792E-05
Schefflera morototoni	0,1	0,125	0,62	0,472	0,14	4,34E-05	2,17E-05	2,715E-05
Aparisthmium cordatum	0,031	0,03875	0,52	0,875	0,211	3,41E-05	1,70E-05	2,129E-05
Machaerium sp.2	0,05	0,0625	1,04	0,461	0,128	3,37E-05	1,68E-05	2,103E-05
Inga laurina	0,051	0,06375	0,71	0,464	0,132	2,37E-05	1,18E-05	1,481E-05
Miconia sp.1	0,05	0,0625	0,73	0,454	0,122	2,20E-05	1,10E-05	1,375E-05
Nectandra oppositifolia	0,061	0,07625	0,54	0,457	0,125	2,05E-05	1,02E-05	1,279E-05
Maclura tinctoria	0,037	0,04625	0,88	0,454	0,122	1,99E-05	9,96E-06	1,245E-05
Pouteria sp.1	0,023	0,02875	0,94	0,451	0,119	1,28E-05	6,39E-06	7,989E-06
Enterolobium contortisiliquum	0,034	0,0425	0,54	0,448	0,115	1,05E-05	5,23E-06	6,535E-06
Zanthoxylum rhoifolium	0,033	0,04125	0,5	0,447	0,115	9,46E-06	4,73E-06	5,913E-06
Citrus sp.1	0,026	0,0325	0,54	0,461	0,129	9,04E-06	4,52E-06	5,65E-06
Seguieria americana	0,02	0,025	0,59	0,443	0,111	6,44E-06	3,22E-06	4,023E-06
Allophylus sp.1	0,017	0,02125	0,64	0,442	0,109	5,88E-06	2,94E-06	3,674E-06
Chrysobalanaceae 1	0,014	0,0175	0,7	0,433	0,101	4,86E-06	2,43E-06	3,04E-06
Indeterminada 3	0,013	0,01625	0,67	0,436	0,104	4,48E-06	2,24E-06	2,798E-06
Ocotea sp.1	0,014	0,0175	0,62	0,437	0,105	4,38E-06	2,19E-06	2,738E-06
Cecropia pachystachya	0,017	0,02125	0,41	0,442	0,11	3,93E-06	1,96E-06	2,454E-06
Aloysia virgata	0,008	0,01	0,6	0,437	0,105	2,42E-06	1,21E-06	1,512E-06
Spirotheca rivieri	0,009	0,01125	0,5	0,434	0,102	2,32E-06	1,16E-06	1,448E-06
Ocotea sp.3	0,007	0,00875	0,66	0,429	0,097	2,14E-06	1,07E-06	1,338E-06
Nectandra sp.1	0,005	0,00625	0,77	0,431	0,099	2,02E-06	1,01E-06	1,26E-06
Piper amalago	0,007	0,00875	0,4	0,43	0,098	1,31E-06	6,57E-07	8,213E-07
Jacaratia spinosa	0,036	0,045	0,01	0,453	0,121	2,17E-07	1,08E-07	1,355E-07
Astrocaryum aculeatissimum	-	-	-	8,819	5,829	-	-	-
Cyathea sp.1	-	-	-	0,462	0,129	-	-	-
Euterpe edulis	-	-	-	5,921	4,26	-	-	-
Syagrus romanzoffiana	-	-	-	1,783	0,786	-	-	-

Fonte: próprios autores

Para a quantificação da biomassa de madeira ($B_{madeira}$), foram encontrados de 318,7802 t para a área total de 8000 m^2, que correspondem as 16 parcelas (U.A), extrapolando-se este resultado para hectares, teremos e 398,4753 $t.ha^{-1}$. Quanto ao carbono estocado (EC), obteve-se o valor de 199,2377 $tC.ha^{-1}$.

As estimativas de biomassa e carbono encontradas foram semelhantes a estudos em que foram obtidas estimativas de biomassa do fuste sem casca de RIBEIRO *et al*. (2009), que contabilizou 319 espécies arbóreas, pertencentes a 177 gêneros e 60 famílias. A quantificação da biomassa (m^3) do fuste sem casca resultou em estimativas de 166,67 $t.ha^{-1}$, para uma estocagem de carbono de 83,34 $tC.ha^{-1}$, numa floresta madura de Viçosa-MG segundo a Resolução nº 29, do CONAMA (1994) do estado de Minas Gerais. Já SILVA *et al*. (2019), encontrou para o ecossistema florestal de estágio inicial e médio da Represa Billings em São Bernardo do Campo (SP), 113,73 $t.ha^{-1}$, o que correspondeu a 56,87 $tC.ha^{-1}$ de estoque de carbono. SILVA *et al*. (2018), realizou estudo similar para o Parque Natural Municipal do Curió, cuja espécie de maior valor de importância também foi *Guarea guidonia*, a biomassa de madeira estimada foi de 212,39 $t.ha^{-1}$ e o Carbono estocado foi de 106,19 $tC.ha^{-1}$. Em comparação com estes estudos a densidade de espécies por unidade amostral do ecossistema florestal da Fazenda Nova Canãa foi o principal fator de diferenciação, donde a abundância de indivíduos por hectare se apresentou de duas a três vezes maiores em comparação aos demais estudos aqui citados.

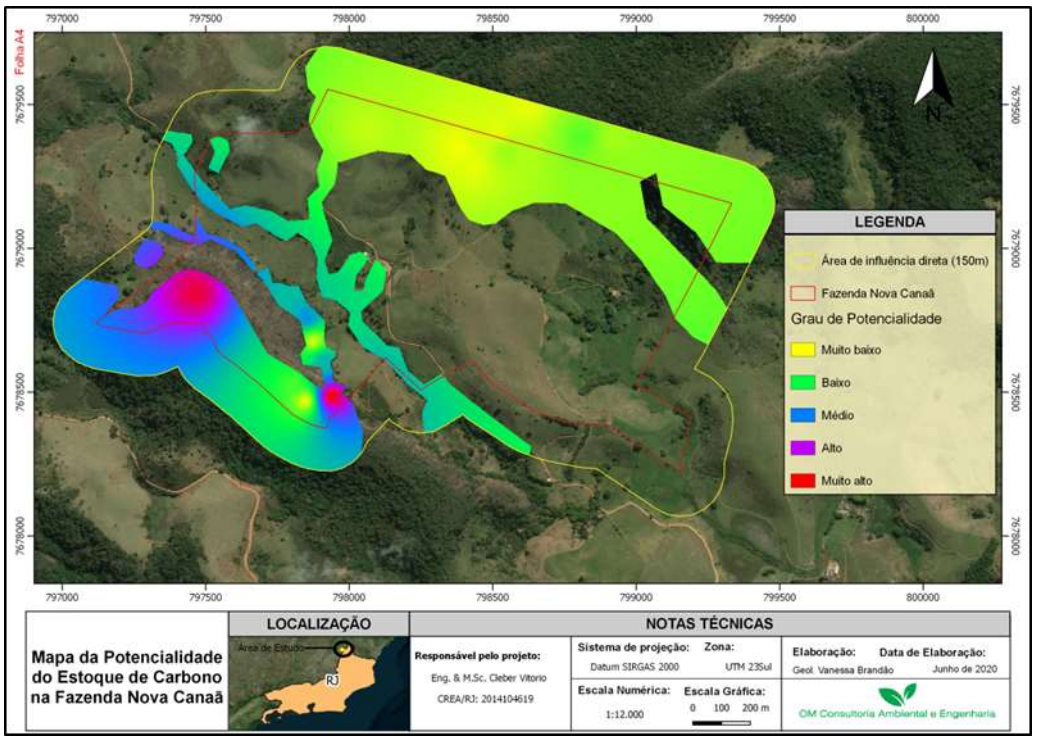
As variáveis dendrométricas da floresta de estágio secundário (Tabela 1), por sua vez, estão de acordo com o apresentado na RESOLUÇÃO CONAMA nº 1, de 31 de janeiro de 1994, para florestas em estágios iniciais e médios, segundo Fukuda *et al*.(2003), florestas mais jovens tendem a usar mais carbono do que as maduras, destaca-se também que o ecossistema florestal da represa Fazenda Nova Canãa possui grandes adensamentos das espécies *Syagrus romanzoffiana*, *Cyathea sp.1*, *Astrocaryum aculeatissimum*e *Euterpe edulis*, espécies que não produzem xilema secundário, conforme já supracitado, por conseguinte é importante a utilização de outros métodos de mensuração de biomassa e estocagem de carbono em vegetais não lignificados, de preferência métodos não destrutivos, vide que a espécie *Euterpe edulis* é ameaçada e endêmica da Mata Atlântica e a espécie *Cyathea sp.1* é de grande importância para anurofauna, sendo um importante micro-habitat para esta ordem de anfíbios.Para estudos executados no bioma Amazônia, os estudos DE CASTILHO *et al*. (2006) registraram parauma floresta madura na Amazônia central, as estimativas de biomassa ($B_{madeira}$) do fuste com casca variando entre 210,9 e 426,3 $t.ha^{-1}$, com uma média igual a 327,8 ± 41,9 $t.ha^{1}$. SALDARRIAGA *et al*. (1988), em estudo sobre sucessão ecológica na região amazônica, encontraram

biomassa ($B_{madeira}$) do fuste em quatro povoamentos de florestas maduras variando entre 107 e 145 $t.ha^{-1}$. JORDAN & UHL (1978) adquiriram estimativas de biomassa ($B_{madeira}$) do fuste e galhos iguais a 315,66 $t.ha^{-1}$ em uma floresta alocada na bacia amazônica, especificamente em San Carlos de Rio Negro, Venezuela.

Demodo geral é observável que os resultados encontrados para estimativas de biomassa ($B_{madeira}$) e carbono estocado acima do solo no bioma Amazônia, forneceram valores superiores para este estudo, todavia os resultados foram próximos ao encontrados por RIBEIRO *et al*. (2009) e para os estudos de SILVA *et al*. (2018) e SILVA *et al*. (2019), todos no bioma Mata Atlântica, é conclusivo que o ecossistema florestal da Fazenda Nova Canãa se mostrou extremamente prestativo na execução do serviço ambiental de sequestro e estocagem de carbono, beneficiando a sociedade e o meio ambiente.

O mapa expresso na Figura 5 indica a potencialidade do carbono ser estocado pelo ecossistema florestal da Fazenda Nova Canãa, a interpretação dos dados ecológicos deste trabalho científico, é necessária para a sua compreensão correta, isto é, aonde o mapa foi classificado como muito baixo não significa que exista baixo incremento de carbono estocado, mas significa que nessas áreas encontraremos um menor potencial de sequestrar carbono, quando se comparado a outras áreas da fazenda. A variável estoque de carbono (EC) foi modelado pelo método IDW de interpolação e transformada em variável latente, assim se compararmos a fazenda Nova Canãa com outros estudos da Mata Atlântica, não seria incomum e impossível que as áreas que nesse estudo se encontram em amarelo e verde (Figura 5), ficassem vermelhas. Um fator determinante também para a modelagem do mapa foi o fato de que as espécies com maiores valores de cobertura se encontram ao sul, potencializando assim os estoques de carbono para estas áreas, outrossim é recomendável que para maximizar o incremento de carbono sequestrado no ecossistema florestal analisado, faça-se um enriquecimento florestal com as espécies de maiores valores de cobertura nos fragmentos florestais ao norte.

Figura 2. Mapa de Potencialidade do Estoque de Carbono (EC) na Fazenda Nova Canaã.



Fonte: próprios autores

IV CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio do estudo realizado foi possível observar a importância da conservação dos fragmentos florestais do noroeste fluminense, especialmente aqueles destinados a conservação da biodiversidade e a manutenção do mesoclima e do microclima. Assim as diversidades das florestas da Mata Atlântica atenuam os efeitos negativos das mudanças climáticas, pois viabilizam a remoção significativa do CO_2 da atmosfera, por meio da biomassa e do carbono estocado no xilema secundário.

A determinação do estoque de carbono (EC) por espécies, indica quais são as que possuem maior potencial de fixação, sendo um indicador relevante nos estudos de recomposição florestal focando a venda de créditos de carbono. A espécie *Guarea guidonia* foi a que apresentou maior destaque, assim como ocorreu para os estudos de SILVA *et al*. (2018) no Parque Natural Municipal do Curió, Paracambi-RJ.

O método IDW de interpolação se mostrou satisfatório para a análise da distribuição geoespacial do carbono que é sequestrado acima do solo pelo ecossistema florestal da fazenda Nova Canaã, método que pode ser reproduzido em outros trabalhos similares na Mata Atlântica.

A imobilização do CO_2 pelas propriedades rurais corresponde uma alternativa a utilização de serviços ambientais, como o sequestro de carbono, é extremamente importante que áreas como a fazenda Nova Canãa sejam inseridas no mercado de créditos de carbono, recebendo o apoio de entidades públicas e privadas, como comitês de bacias hidrográficas e certificadoras de credito de carbono, respectivamente, subsidiando e corroborando com projetos focados no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) desenvolvidos nestas propriedades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11941-02 - Determinação da densidade básica em madeira. Rio de Janeiro, 2003. 6p.

ARROMBA, A.L; LEONEL, C.; SANTIAGO, C. de M.; MAZZEI, K.; BUCCI, L. A.; NALON, M.A.; BARROS, M.I.A. Plano de Manejo do Parque Estadual Alberto Löfgren. 1. ed. São Paulo, SP: Editado pelo Instituto Florestal, 2012. v. 01. 710p .

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 01, de 31 de janeiro de 1994. Regulamenta o art. 6º do Decreto nº 750, de 10 de fev. de 1993 para o Estado de São Paulo. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res94/res0194.html>. Acess in: 16 set. 2018.

BERGALLO, H. G.; BERGALLO, A. C.; ROCHA, H. B ; ROCHA, C. F. D. . Invasion by Artocarpus heterophyllus (Moraceae) in an island in the Atlantic Forest Biome, Brazil: distribution at the landscape level, density and need for control. Journal of Coastal Conservation, v. 20, p. 1-8, 2016.

BROWN, S.; GILLESPIE, A. J. R.; LUGO, A. E. Biomass estimation methods for tropical forests with applications to forest inventory data.Forest Science, vol.35, no.4, p.881-902, 1989.

DATABASE OF BRAZILIAN WOODS. 2014. Available in: <http://www.ibama.gov.br/lpf/wood/foreword.htm>. Access in: 03 jun. 2019.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INPE. Atlas of forest remnants of the Mata Atlântica period 2015; final report. São Paulo: The SOS. 2015.

FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS - CETEC. Determination of Volumetric equations applicable to the sustainable management of native forests in the state of Minas Gerais, and other regions of the country. Belo Horizonte: 1995. 295p.

HUSCH, B; MILLER, C.L.; BEERS, Forest mensuration. 3. ed. New York: J. Willey &Sounds, 1982. 397p

IBAMA. 2016. Flora. Available in: <www.ibama.gov.br/flora/home.htm>. Access in: 03 Jan. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas. Coordenação Geral de Observação da Terra. Desenvolvido pela Divisão de Processamento de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2018. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_sen.html>. Access in: 03 Dec. 2018.

HENRY, M., PICARD, N., TROTTA, C., MANLAY, R.J., VALENTINI, R., BERNOUX, M. & SAINT-ANDRÉ, L. 2011. Estimating tree biomass of sub-Saharan African forests: a review of available allometric equations. Silva Fennica 45(3B): 477–569.

HAJEK, F.; VENTRESCA M. J.; SCRIVEN J.; CASTRO A. Regime-building for REDD+: Evidence from a cluster of local initiatives in south-eastern Peru. Environmental Science & Policy, v.14, n.2, p.201-215, 2011.

LORENZI, H. J. Brazilian trees I. 5. ed. Nova Odessa: Publisher Plantarum, 2014. v. 2. 384p.

LUCHIARI, A.; BARROSO, L. V.; SPILLER, A.B.; CARVALHO, L. S. DE; FERREIRA, T. A. Uso da Terra. In: FURLAN, S. A. Diagnóstico Físico e socioambiental do Parque Riacho Grande no município de São Bernardo do Campo. São Paulo, 2012. P. 279-319.

MMA. 2016. Biomes- Mata Atlântica. Availablein:<http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica>. Access in: 03 jun. 2019.

RIBEIRO, S. C.; MAPELI, A. G.; SOARES, C. P. B.; MARTINS, S. V.; SOUZA, A. L.; NARDELLI, A. M.B. .Quantification of Estimation of biomass and carbon stock in a mature forest in the municipality of Viçosa, Minas Gerais. Journal of Sedimentary Petrology (Printed) , v. 33, p. 917-926, 2009.

PLANOS MUNICIPAIS DA MATA ATLÂNTICA. Availablein:<https://pmma.etc.br/pmma-rio/>. Access in: 03 jun. 2019.

RODRIGUES, V.A. (Org.); BUCCI, L. A. (Org.); PINHEIRO, L. Z. (Org.); SIQUEIRA, H. E. (Org.); OLIVEIRA, P. J. D. (Org.). Biomas Brasileiros: conservação da biodiversidade, solo, floresta e água. 1. ed. Botucatu: Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais - FEPAF, 2017. v. único. 258p.

SANTOS, J. F; VALCARCEL, R. Avaliação Florística do Estrato Regenerante de Reflorestamentos em área Reabilitada na Mata Atlântica. Floresta e Ambiente, v. 18, p. 390-401, 2011.

SALDARRIAGA, J. G.; WEST D. C.; THARP M. L.; UHL C. Long-term chronosequence of forest succession in the upper Rio Negro of Colombia and Venezuela. Journal of Ecology, v.76, p.938-958, 1988.

SANTOS, F. G.; CAMARGO, P. B.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C. ESTOQUE E DINÂMICA DE BIOMASSA ARBÓREA EM FLORESTA OMBRÓFILA DENSA NA FLONA TAPAJÓS: AMAZÔNIA ORIENTAL. CIÊNCIA FLORESTAL (ONLINE), v. 28, p. 1049, 2018.

SILVA, C.V.V.; SILVA, L. M. S.; TAVARES R.; SILVA, W. S. Utilização de Características Fitossociológicas e Bioindicadoras no Monitoramento Ambiental e Avaliação de Impacto Nas Bacias do Rio Guandu-rj. In: XXXI I Jornada Fluminense de Botânica, 2013.

SILVA, L. C. ; ARAUJO, E. J. G. ; CURTO, R. A. ; NASCIMENTO, A. M. ; ATAIDE, D. H. S. ; MORAIS, V. A. . Estoques de biomassa e carbono em unidade de conservação no bioma Mata Atlântica. BIOFIX Scientific Journal , 2018.

SILVA, C.V.V.; ABREU, L. A. S.; LEAL, J. C. Uso da Volumetria na Avaliação da Concentração de Carbono da APA Guandu-Jacatirão, Queimados-RJ. In: XIV Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas, 2017.

SILVA, C.V.V.; TOMAS JUNIOR, O. A.; CARVALHO, L. O.; NOVAES, E. B. Biomassa e Estimativa de Carbono Estocado em Ecossistema Florestal da Represa Billings-SP. In: XV Congresso Nacional do Meio Ambiente, 2018.

SILVA, C.V.V.; ABREU, L. A. S.; LEA, J. C.; LOUREIRO, A.; GROETARS, A. Inventário Florístico da APA Guandu-Jacatirão o uso da Resolução CONAMA N 04, de Maio de 1994 - RJ, para Análise de Parâmetros da Qualidade Ambiental. In: XIV Congresso Nacional do Meio Ambiente, 2017.

TAVARES R.; SILVA, C.V.V.; FRANCISCO, C. F. Níveis de Ocorrência de Incêndios e Queimadas em Vegetação no Município de Itaguaí - RJ. In: IX Congresso Nacional do Meio Ambiente, 2012.

TORRES, C. M. M. E.; JACOVINE L. A. G.; SOARES C. P. B.; NETO S. N. O.; SANTOS R. D.; NETO F. C. Quantificação de Biomassa e Estocagem de Carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual, no Parque Tecnológico de Viçosa, MG. Revista Árvore. Viçosa, v. 37, n.4, 2013.

Capítulo 9

10.37423/250109556

EMPREENDEDORISMO SUSTENTÁVEL: INTEGRAÇÃO DE PRÁTICAS AMBIENTAIS E SOCIAIS NO DESENVOLVIMENTO DE NEGÓCIOS

Thiago Henrique Martins Pereira — *Universidade FUMEC*

Renata de Sousa da Silva Tolentino — *Universidade FUMEC*

Josiane da Costa Vieira Rezende — *Universidade FUMEC*

Vivian Vasconcelos de Souza — *Universidade FUMEC*

Guilherme Henrique Luiz Euzébio Pereira — *Universidade FUMEC*

Felipe Cesar Valentin Ferreira — *Universidade FUMEC*

Tulio Moreira Do Espirito Santo — *Universidade FUMEC*

Isabela Macedo Parreiras — *Universidade FUMEC*

Luciana Rodrigues Bambirra — *Universidade FUMEC*

Resumo: Atualmente existem várias demandas relacionadas aos impactos ambientais decorrentes do desenvolvimento industrial e econômico que se intensificaram a partir da década de 1960, com movimentos que aprofundaram debates sobre como os processos de produção e consumo afetam o meio ambiente com o qual relacionam-se os diversos setores da sociedade. Estes fatores despertaram a sociedade para que se possa alinhar as estratégias de sustentabilidade para contribuir com o desenvolvimento econômico. Isso se dá diante das discussões sobre o desenvolvimento sustentável e têm estimulado os diversos atores na sociedade, em especial, as empresas, a repensarem suas estratégias a fim de contribuir não somente para o crescimento econômico, mas também na criação de valores socioambientais e, sobretudo, garantir que as necessidades das gerações futuras possam também ser atendidas. A partir desse contexto, questionou-se de que forma as práticas ambientais e sociais se integram para que negócios se desenvolvam sustentavelmente.

O presente artigo tem como objetivo analisar e sintetizar estudos recentes sobre essa relação, tendo como resultado uma coleta de dados que foi alicerçada em 16 artigos de língua inglesa e portuguesa que agregaram valor à análise da literatura existente. Foram sondadas as lógicas do empreendedorismo sustentável e sua contribuição para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental.

Concluindo, o empreendedorismo sustentável pode ser entendido como uma extensão do empreendedorismo tradicional (econômico) que tem em conta as dimensões econômicas, sociais e ambientais. Neste contexto, este artigo propõe elevar os critérios do empreendedorismo sustentável e vinculá-los às dimensões do desenvolvimento sustentável, o que incentivará a discussão e uma melhor compreensão de como o empreendedorismo contribui para o desenvolvimento empresarial.

Palavras-chave: Empreendedorismo; Sustentabilidade; Práticas ambientais; Práticas sociais.

INTRODUÇÃO

Até a primeira metade do século XX, as empresas cresciam sem dar muita atenção impactos ambientais e sociais que provocavam. Antigamente, o progresso era visto somente como o resultado do crescimento econômico e do desenvolvimento, sendo que a expansão dos mercados consumidores e o aumento do número de empresas levavam ao aumento da geração de resíduos e do consumo de matérias-primas. Todo esse contexto era real, já que predominava a crença de que os recursos naturais e a capacidade da Terra para absorver a poluição eram ilimitados. Somente na década de 1960 é que as pessoas começaram a questionar o atual modelo de desenvolvimento e os seus impactos sociais e ambientais. Mesmo no começo, as pessoas se concentravam na discussão da viabilidade de empresas que mantêm altos padrões de consumo de certas matérias-primas e seu impacto no meio ambiente e na sociedade.

Atualmente, se sabe que o desenvolvimento sustentável integra a tríade social-econômico-ambiental, que compatibiliza rentabilidade financeira e crescimento econômico com a justiça, o bem-estar social, a conservação ambiental e a utilização racional com os recursos naturais (SACHS, 1994). Com base nesses movimentos mundiais, a discussão sobre a necessidade de mudança das organizações surge de forma ardente e concreta, trazendo temas como gestão ambiental e responsabilidade social empresarial, que ocupam grande parte da agenda dos administradores. Nesse contexto, procura-se então transformar organizações tradicionais em organizações sustentáveis, já que o empreendedorismo que antes era visto como um simples agente de transformação social, passou a ser considerado também como um veículo que pode colaborar para o desenvolvimento sustentável.

Na perspectiva das políticas públicas, o empreendedorismo sustentável é visto como um dos meios de se viabilizar o equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, ambiental e social de várias regiões (GIBBS, 2009; PARRISH; FOXON, 2009). Isto é, as indústrias que são exploradas e que possuem grande potencial de criação de empregos afligem diretamente a humanidade e seu meio ambiente (LARSON, 2000). Diante da mirada dos empreendedores, o empreendedorismo sustentável cresce e passa a apresentar grande potencial de maximizar lucros na exploração de oportunidades de negócio ligadas ao nicho ambiental e social ou a possibilidade de contribuir com seu ambiente (PARRISH, 2010).

OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é, por meio de uma revisão sistemática, analisar e sintetizar a literatura existente sobre empreendedorismo sustentável, destacando as práticas e estratégias adotadas por

empreendedores para promover a sustentabilidade ambiental e social em seus negócios. Buscou-se entender como o empreendedorismo sustentável pode contribuir para o desenvolvimento socioeconômico e ambientalmente responsável, identificando tendências, desafios e oportunidades nesse campo.

METODOLOGIA

Para realizar esta pesquisa, foram seguidos os procedimentos propostos por Gil (2002), que incluem a tipificação da pesquisa com relação ao tipo de estudo, população e amostra, coleta de dados e análise dos mesmos. Nesse contexto, este estudo é classificado como descritivo, cujo objetivo principal é descrever as características de uma determinada população ou fenômeno (Gil, 2002, p. 42). Para alcançar esse objetivo, foi utilizada uma abordagem qualitativa, fazendo uso de artigos científicos bibliográficos.

A coleta de dados desta pesquisa foi embasada na técnica de Revisão Sistemática da Literatura, uma abordagem que permite obter um resumo das evidências relacionadas a uma estratégia de intervenção específica, utilizando métodos explícitos e sistematizados de busca, crítica criptográfica e sistemática das informações selecionadas, conforme destaque para Sampaio e Mancini (2007). Nesse contexto, foi adotado o protocolo adaptado de Dresch, Lacerda e Antunes Jr. (2015) como guia para a execução da revisão.

Essa metodologia fornece maior rigor ao processo de coleta e análise dos dados, garantindo que as informações sejam criteriosamente selecionadas e interpretadas. Ao seguir os procedimentos recomendados por especialistas na área, buscou-se garantir a qualidade e confiabilidade dos resultados obtidos, tornando a pesquisa mais robusta e relevante para o campo de estudo.

Dessa forma, a tipificação precisa da pesquisa, a utilização da abordagem qualitativa e a adoção da Revisão Sistemática da Literatura como técnica de coleta de dados foram elementos fundamentais para a obtenção de resultados consistentes e uma contribuição significativa para a compreensão do tema alcançável.

A metodologia a adotada para esta revisão sistemática foi pautada em etapas estruturadas e criteriosas, com o intuito de assegurar a abrangência e a confiabilidade dos resultados obtidos. As etapas descritas da seguinte maneira:

O primeiro passo foi a definição clara dos objetivos desta revisão sistemática, visando identificar as práticas de empreendedorismo sustentável que têm sido efetivas na promoção da sustentabilidade

ambiental e social. Com base nos objetivos alcançados, foram formuladas questões de pesquisa que direcionarão a busca por estudos relevantes e que atendam aos propósitos deste trabalho. As fontes de dados a serem utilizadas para a busca dos estudos foram selecionadas com rigor, garantindo a abrangência e a representatividade da literatura existente sobre o tema. Para tanto, foi consultada a base de dados acadêmicos Google Scholar. Já a estratégia de busca foi elaborada para incluir palavras-chave relevantes ao tema do estudo, tais como “Empreendedorismo; Práticas ambientais; Práticas sociais”. As buscas foram conduzidas de forma sistemática e rigorosa, utilizando filtros para garantir a pertinência dos resultados.

Com o propósito de assegurar a qualidade dos estudos selecionados, foram aplicados critérios de inclusão e exclusão. Foram incluídos estudos publicados nos últimos 10 anos, escritos em idioma inglês ou português, com foco no tema do empreendedorismo sustentável e que apresentassem métodos de pesquisa qualitativos ou quantitativos. Estudos duplicados, de baixa qualidade metodológica ou que não abordassem diretamente o tema foram ser excluídos.

A seleção dos estudos foi conduzida em duas fases: uma triagem inicial com base nos títulos e resumos dos artigos identificados na busca, seguida de uma leitura completa dos textos selecionados para verificar sua adesão aos critérios de inclusão. Um processo de revisão foi adotado para minimizar possíveis viéses de seleção. Os estudos selecionados foram analisados e sintetizados de forma sistemática, extraindo informações relevantes sobre as práticas de empreendedorismo sustentável abordadas. Identificou-se os principais métodos teóricos, metodologias empregadas, resultados encontrados e entendidos dos estudos. Para assegurar a confiabilidade dos resultados obtidos, realizou-se uma avaliação da qualidade metodológica dos estudos incluídos na revisão. Utilizou-se critérios específicos para cada tipo de estudo (qualitativo ou quantitativo) para avaliar a consistência dos resultados, a validade dos métodos e a transparência dos procedimentos aplicados.

Concluindo, os resultados obtidos foram sintetizados e apresentados de forma clara e objetiva. As práticas de empreendedorismo sustentável mais recorrentes e bem-sucedidas, bem como as lacunas e desafios identificados na literatura foram destacadas nesta pesquisa, segundo o quadro 1.

Quadro 1. Protocolo de pesquisa

Protocolo	Descrição
Quadro conceitual	Importância do empreendedorismo sustentável em relação ao desenvolvimento das empresas que buscam estratégias que ajudam a combinar o sucesso financeiro com os seus compromissos ambientais e sociais.
Contexto	Artigos que enfatizam as práticas e estratégias adotadas pelos empreendedores para promover a sustentabilidade ambiental e social de seus negócios, além de pesquisas futuras que explorem novos temas e abordagens relacionadas ao empreendedorismo sustentável.
Período	Entre 2013 e 2023
Línguas	Inglês e português
Critérios de exclusão	1. Estudos duplicados ou de baixa qualidade metodológica; 2. Artigos fora do escopo definido, que não abordem diretamente o tema;
Descritores (termos de pesquisa)	Palavras-chave: Empreendedorismo; Sustentabilidade; Práticas ambientais; Práticas sociais.
Pesquisar fontes	Google Scholar

Fonte: Adaptado de Dresch, Lacerda e Antunes Jr. (2015, p.142)

RESULTADOS

Por meio da revisão sistemática de literatura foi possível selecionar 16 artigos que foram analisados conforme a técnica de análise de conteúdo.

Em referência a análise dos dados, a pesquisa teve como base o método de Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977), sendo adotados como primeiro passo a pré-análise, na qual consiste em leituras superficiais no resumo, análise e coleta de documentos e formulação do objetivo. Após essa análise previa explorou-se o material, que abrange a investigação aprofundada, por meio da leitura integral, dos estudos selecionados, buscando definir os benefícios, dificuldades e motivações para a implementação de empreendedorismo averiguando suas vulnerabilidades e pontos fortes. Finalmente, tratou-se os resultados obtidos e a interpretação, visando condensar os resultados obtidos durante a revisão dos artigos observados almejando o objetivo predeterminado. Em suma, com base nessa revisão foram selecionados e examinados os artigos do seguinte quadro:

Quadro 2. Fonte: Dados da Pesquisa

Artigo	Título	Autores
1	Green human resource management: A framework for sustainable organizational development in an emerging economy	Mishra, P.
2	Business models for sustainable innovation: state-of-the-art and steps towards a research agenda	Boons, F., & Lüdeke-Freund, F.
3	The Business Case for Corporate Social Responsibility: A Review of Concepts, Research and Practice	Carroll, A. B., & Shabana, K. M.
4	A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes	Bocken, N. M., Short, S. W., Rana, P., & Evans, S.
5	Environmental management and corporate social responsibility practices of small and medium-sized enterprises	Dey, P. K., Petridis, N. E., Petridis, K., Malesios, C., Nixon, J. D., & Ghosh, S. K.
6	Social entrepreneurship: New models of sustainable social change	Nicholls, A. (Ed.).
7	Making sustainability work: Best practices in managing and measuring corporate social, environmental, and economic impacts	Epstein, M. J., & Buhovac, A. R.
8	The boundaries of strategic corporate social responsibility	Lantos, G. P.
9	Vislumbrando o cuidado de enfermagem como prática social empreendedora	Backes, D. S.
10	A reciclagem como empreendedorismo: fonte de transformação socioeconômica e ambiental	Campos, L. M. S., Guimarães, R. D., Vieira, R., & Reis, D. M.
11	Marketing verde aplicado à estratégia como prática: análise de variáveis na visão de empreendedores	Neto, A. R. V., Filgueiras, C. R. M., Vasconcelos, C. R. M., & de Almeida, S. T.
12	Aprendizagem social para sustentabilidade: a experiência de um programa empresarial de mulheres empreendedoras em situação de pobreza	Amaral, D. G., & Brunstein, J.
13	Intenção empreendedora com sustentabilidade: moda ou tendência?	Fialho, C. B., Nunes, A. D. F. P., & Gai, M. J. P.
14	Empreendedorismo social corporativo: uma agenda para a promoção sustentável de práticas sociais, ambientais e económicas	Couto, A. I., Cruz, S. A., Parente, C., Alegre, T. C., & Castro, F. F.
15	Empreendedorismo sustentável: proposição de uma tipologia e sugestões de pesquisa	Borges, C., Borges, M. M., Ferreira, V. D. R. S., Najberg, E., & Tete, M. F.
16	Agenda de pesquisa em empreendedorismo social e negócios sociais	Romani-Dias, M., Iizuka, E. S., Walchhutter, S., & Barbosa, A. D. S.

A partir da análise dos artigos anteriores, que se relacionam ao tema do presente estudo e agregam informações e pontos de vista, segue uma síntese de cada um deles:

De acordo com o artigo de Mishra, existe uma estrutura interdisciplinar para a construção de organizações sustentáveis, que integram aprendizados de gestão de recursos humanos, gestão da cadeia de suprimentos e estratégias competitivas. Ele destaca lacunas no sistema e fornece insights para gerentes e formuladores de políticas sobre a construção de organizações sustentáveis.

Já para Boons e Lüdeke-Freund, duas organizações se relacionam: a inovação sustentável e os modelos de negócios. Concluiu que as empresas são frequentemente tratadas como uma caixa negra sobre a qual interferem fatores externos.

No artigo de Carroll e Shabana, há alusões aos argumentos ou razões subjacentes que sustentam ou documentam as razões pelas quais a comunidade empresarial deve aceitar e promover a "causa" da responsabilidade social corporativa, de maneira a maximizar suas finanças e bem-estar.

Segundo Bocken, Short, Rana, e Evans, as eco inovações, a ecoeficiência e as práticas de responsabilidade social das empresas definem grande parte da atual agenda de sustentabilidade industrial. Embora importantes, são insuficientes por si só para produzir as mudanças holísticas necessárias para alcançar a sustentabilidade social e ambiental a longo prazo.

Conforme Dey, Petridis, Petridis, Malesios, Nixon e Ghosh, o número de empregados, do volume de negócios e da localização geográfica das empresas ajuda na tomada de decisões para gerar solidez nas operações da cadeia de abastecimento. Além disso, as percepções do pessoal de gestão sobre as práticas sustentáveis e sociais têm um forte significado prático.

De acordo com, Nicholls, o poder de decisão é poderoso e eficaz para influenciar e moldar os processos de globalização. Para explorar isso, o empreendedorismo social foi tomado como exemplo, tanto em termos de ações de empreendedores sociais quanto em termos da emergência de um campo global que apoia tais formas de ação social transformadora.

Epstein e Buhovac falam sobre a não exclusividade do uso de técnicas sustentáveis somente pelas empresas de médio/ pequeno porte que antes eram as mais preocupadas em mudar o mundo. Hoje em dia, as multinacionais tomaram conta dos comitês sociais e sustentáveis que lidam com essas questões.

O último artigo de língua inglesa investigado de Lantos, discute diferentes perspectivas sobre o papel adequado das empresas na sociedade, desde a obtenção de lucro até a prestação de serviços comunitários.

Seguindo a análise dos textos de língua portuguesa, o artículo de Backes propõe o cuidado de enfermagem como prática social empreendedora, ampliando o enfoque e abrangendo um setor não tão óbvio como o corporativo. A enfermagem está abastecida de conhecimentos fornecidos por diversas áreas, formando o cuidado empreendedor. Essas áreas são: educação, economia, ética, social, ecologia, política e saúde.

No trabalho de Campos, Guimarães, Vieira e Reis há uma abordagem das ações de melhorias da gestão de resíduos sólidos urbanos por parte de catadores de lixo. Foi estudado o gerenciamento estratégico no processo de reciclagem e na melhor forma de otimizar a utilização desses recursos, concluindo que a reciclagem como exemplo de empreendedorismo, sendo uma fonte de transformação socioeconômica e ambiental.

Por outro lado, Neto, Filgueiras, Vasconcelos e de Almeida, investigaram as variáveis de marketing verde relevantes para a estratégia como prática. A preocupação em conquistar maior participação de mercado impulsiona as empresas em buscar novos conhecimentos e práticas que satisfaçam às necessidades e desejos dos consumidores e promovam uma melhor diferenciação de mercado em relação aos seus concorrentes.

Amaral e Brunstein buscaram discutir o processo de aprendizagem social à luz da sustentabilidade social, em um projeto de combate à pobreza. A aprendizagem e conhecimento social é de suma importância para sustentabilidade, foi analisada a experiência de um programa empresarial de mulheres empreendedoras em situação de pobreza que exemplificou a conjuntura sociocultural das mulheres participantes.

Fialho, Nunes e Gai definem a intenção empreendedora dos novos negócios como a criação de empreendimentos que combinam, ao mesmo tempo, a geração de valor econômico, social e ambiental. Dessa maneira, este estudo buscou analisar a relação entre a intenção empreendedora e a preocupação com a sustentabilidade dos novos negócios em discentes de Administração de uma instituição de ensino superior privada.

A abordagem de Couto, Cruz, Parente, Alegre e Castro sublinha que as organizações devem considerar não só a preocupação de gerar valor econômico e financeiro, mas também valor ambiental e social.

Já no penúltimo artigo fala-se da existência de diversas categorias de empreendedorismo sustentável, segundo argumentos de Borges, Ferreira, Najberg e Tete. Na prática, as práticas sociais e ambientais empresariais podem tornar mais complexa a vida do empreendedor sustentável. Ele terá que compor os custos e dificuldades da implementação desta responsabilidade em um mercado que, apesar de aberto aos produtos ambientais e sociais, prefere quase sempre produtos mais baratos ou com outros enfoques. Alguns produtos verdes exigem recursos e tecnologias que o inviabilizam comercialmente, sendo necessário o estudo e desenvolvimento de produtos que conciliem sustentabilidade e competitividade.

Por fim, o estudo de Romani-Dias, Iizuka, Walchhutter e Barbosa, discutiu o contexto de países pobres e em desenvolvimento que podem colaborar com as experiências empíricas de empreendedorismo social e negócios sociais, pois se trata de regiões em que os desafios sociais, econômicos e ambientais são evidentes.

CONCLUSÕES

Com base na revisão sistemática realizada, foi possível então concluir qual papel o empreendedorismo sustentável desempenha na busca por um desenvolvimento mais equilibrado e sustentável. As práticas e estratégias identificadas demonstram que é possível conciliar o sucesso financeiro dos negócios com o compromisso com o meio ambiente e a sociedade. Em síntese, é recomendável que empreendedores, gestores e formuladores de políticas incorporem os princípios da sustentabilidade em suas tomadas de decisão e estratégias empresariais. Investir em inovação tecnológica, promover parcerias com atores sociais e adoção de métricas de desempenho ambiental e social são ações fundamentais para avançar no caminho do empreendedorismo sustentável. Essas recomendações são relevantes para a academia, empresas e governos, visto que podem contribuir para a construção de um futuro mais próspero e harmonioso, em consonância com os princípios da sustentabilidade.

Concluindo, há poucas pesquisas que se referem ao empreendedorismo sustentável de forma integrada. Em geral, são analisados casos de empresas que exploraram algum nicho da sustentabilidade específico. Então, foi observado que as pesquisas também podem investigar a aplicação da tipologia sugerida no contexto do empreendedorismo corporativo sustentável. Apesar

de o empreendedorismo corporativo não ter feito parte do escopo deste artigo, os indicadores utilizados neste estudo parecem servir também para o empreendedorismo corporativo sustentável. A partir da pesquisa realizada espera-se que uma agenda futura de pesquisa seja feita, já que o tema é bastante amplo e gera muitas experiencias práticas que nem sempre estão explanadas na literatura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARDIN, Laurence. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 1977.

BOCKEN, Nancy M. P.; SHORT, Samuel W.; RANA, Padmakshi; EVANS, Steve. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. Journal of Cleaner Production, v. 65, p. 42-56, 2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.11.039.

CARROLL, Archie B.; SHABANA, Kareem M. The Business Case for Corporate Social Responsibility: A Review of Concepts, Research and Practice. International Journal of Management Reviews, v. 12, n. 1, p. 85-105, 2010. DOI: 10.1111/j.1468-2370.2009.00275.x.

CAMPOS, Luciana M. S.; GUIMARÃES, Ricardo D.; VIEIRA, Rogério; REIS, Débora M. A reciclagem como empreendedorismo: fonte de transformação socioeconômica e ambiental. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 4, n. 7, p. 54-69, 2017.

COUTO, Ana I.; CRUZ, Susana A.; PARENTE, Carlos; ALEGRE, Teresa C.; CASTRO, Filipe F. Empreendedorismo social corporativo: uma agenda para a promoção sustentável de práticas sociais, ambientais e económicas. Revista Portuguesa de Estudos Regionais, n. 50, p. 101-118, 2019.

DEY, Prasanta K.; PETRIDIS, Nikoleta E.; PETRIDIS, Konstantinos; MALESIOS, Chris; NIXON, Jon D.; GHOSH, Subrata K. Environmental management and corporate social responsibility practices of small and medium-sized enterprises. Journal of Cleaner Production, v. 137, p. 379-393, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2016.07.070.

DRESCH, Alberto; LACERDA, Daniel P.; ANTUNES Jr., José A. V. Design Science Research: A Method for Science and Technology Advancement. Cham: Springer, 2015.

EPSTEIN, Marc J.; BUHOVAC, Adriana R. Making sustainability work: Best practices in managing and measuring corporate social, environmental, and economic impacts. 2. ed. Sheffield: Greenleaf Publishing, 2014.

FIALHO, Camila B.; NUNES, Ana D. F. P.; GAI, Maria J. P. Intenção empreendedora com sustentabilidade: moda ou tendência? Revista de Administração Contemporânea, v. 23, n. 5, p. 596-618, 2019. DOI: 10.1590/1982-7849rac2019190014.

GIBBS, David. Sustainability entrepreneurs, ecopreneurs and the development of a sustainable economy. Greener Management International, n. 55, p. 63-78, 2009.

GIL, Antônio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LANTOS, Geoffrey P. The boundaries of strategic corporate social responsibility. Journal of Consumer Marketing, v. 18, n. 7, p. 595-630, 2001. DOI: 10.1108/07363760110410281.

LARSON, Andrea L. Sustainable innovation through an entrepreneurship lens. Business Strategy and the Environment, v. 9, n. 5, p. 304-317, 2000. DOI: 10.1002/1099-0836(200009/10)9:5<304::AID-BSE255>3.0.CO;2-K.

NICHOLLS, Alex (Ed.). Social entrepreneurship: New models of sustainable social change. Oxford: Oxford University Press, 2006.

NETO, André R. V.; FILGUEIRAS, Cláudia R. M.; VASCONCELOS, Caio R. M.; ALMEIDA, Samuel T. Marketing verde aplicado à estratégia como prática: análise de variáveis na visão de empreendedores. Revista Brasileira de Marketing, v. 14, n. 4, p. 99-111, 2015.

PARRISH, Bradley D. Sustainability-driven entrepreneurship: principles of organization design. Journal of Business Venturing, v. 25, n. 5, p. 510-523, 2010. DOI: 10.1016/j.jbusvent.2009.05.005.

PARRISH, Bradley D.; FOXON, Timothy J. Sustainability entrepreneurship and equitable transitions to a low-carbon economy. Greener Management International, n. 55, p. 47-62, 2009.

ROMANI-DIAS, Marcelo; IIZUKA, Eduardo S.; WALCHHUTTER, Selma; BARBOSA, André D. S. Agenda de pesquisa em empreendedorismo social e negócios sociais. Revista de Empreendedorismo e Gestão de Pequenas Empresas, v. 8, n. 2, p. 153-176, 2019. DOI: 10.14211/regepe.v8i2.1504.

SACHS, Ignacy. Estratégias de transição para o século XXI. In: BURSZTYN, M. (Org.). Para pensar o desenvolvimento sustentável. São Paulo: Brasiliense, 1994. p. 29-56.

SAMPAIO, Rosana F.; MANCINI, Marisa C. Estudos de revisão sistemática: um guia para síntese criteriosa da evidência científica. Revista Brasileira de Fisioterapia, v. 11, n. 1, p. 83-89, 2007. DOI: 10.1590/S1413-35552007000100013.

Capítulo 10

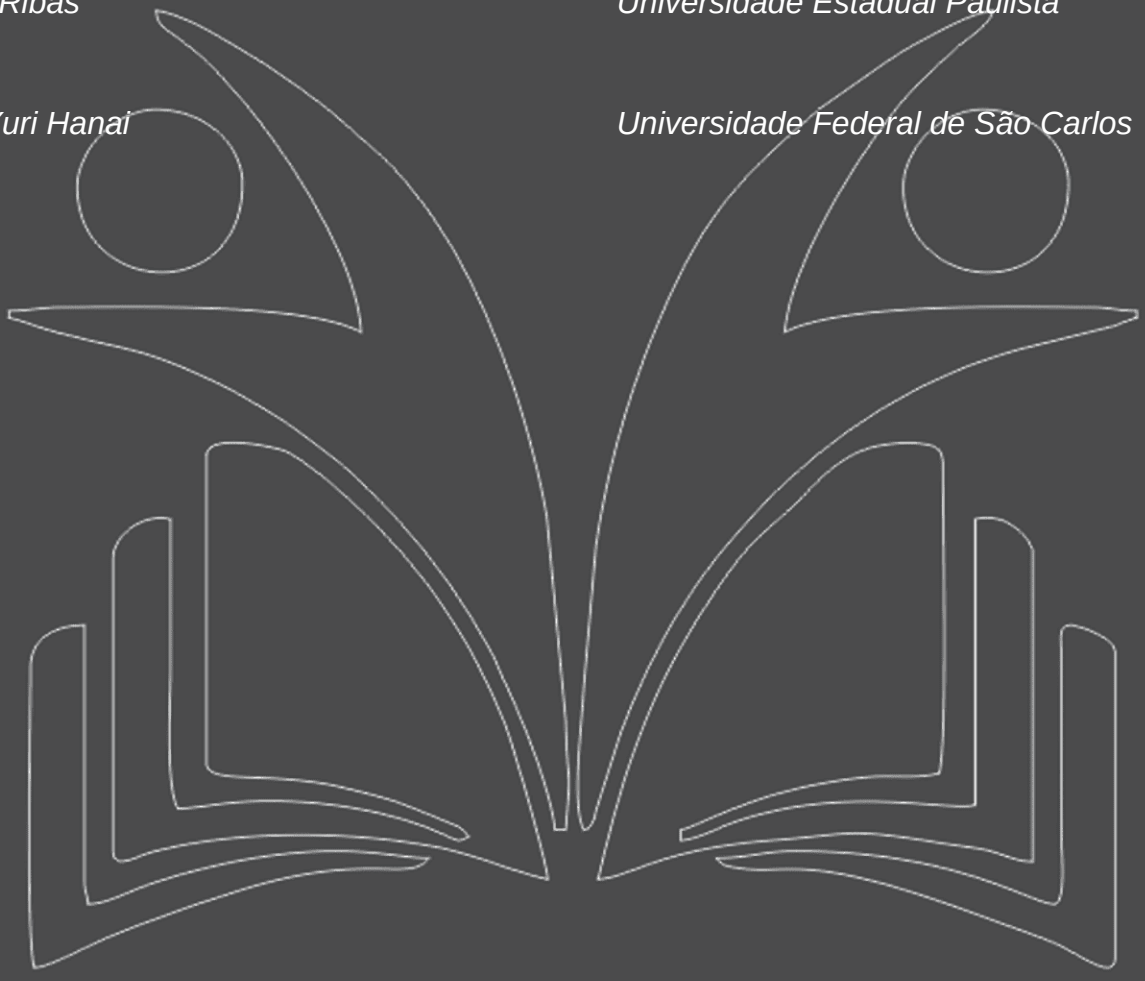
10.37423/250109564

DESCENTRALIZAÇÃO DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA UMA GESTÃO AMBIENTAL INTEGRADA: ANÁLISE DO PROGRAMA MUNICÍPIO VERDEAZUL

João Paulo Pereira Duarte — *Universidade Federal de São Carlos*

Luiz César Ribas — *Universidade Estadual Paulista*

Frederico Yuri Hanai — *Universidade Federal de São Carlos*



Resumo: Em termos de políticas públicas no Brasil, sobretudo dentro da temática ambiental, há todo um encadeamento de competências constitucionalmente estabelecidas entre os Entes federativos (União, Estados, Distrito Federal e Municípios). Com respeito à esta cadeia de competências, de qualquer modo, e considerando o princípio da sustentabilidade internacionalmente defendido, qual seja, "pensar globalmente e agir localmente", deve-se atentar para a descentralização tanto das políticas ambientais, quanto dos seus instrumentos de comando e controle, econômicos, de mercado e mesmo voluntários. A partir disto, o trabalho tem como principal objetivo o de discutir e analisar a descentralização de poder como ferramenta na gestão ambiental de políticas públicas. Neste sentido, e mais objetivamente, pretende-se identificar algumas das principais características descentralizadoras do programa desenvolvido há certo tempo no estado de São Paulo intitulado "Programa Município VerdeAzul". Para isso, foram realizadas revisão bibliográfica e análise documental a respeito do tema, sobretudo no âmbito da Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística (SEMIL). Ao término foi possível concluir que o programa Município VerdeAzul efetivamente tem em um dos seus princípios uma gestão descentralizada. O referido programa, ademais, apresenta-se de maneira totalmente articulada e transparente com respeito aos processos e ações inclusos nas gestões dos municípios. Em outras palavras, existe um controle por parte da SEMIL com respeito aos resultados (objetivos e metas) alcançados pelos municípios paulistas que voluntariamente aderiram ao Programa Município VerdeAzul mas, em contrapartida os benefícios atingidos pelos municípios são pré-estabelecidos e ofertados automaticamente, integralizando as ações. Neste sentido, é até possível entender-se que a descentralização, neste caso, tem um sentido de "mão dupla", ou seja, permitindo o intercâmbio e a interação do Estado para os Municípios e dos Municípios para o Estado.

Palavras-chave: Governança. PMVA. Gestão integrada.

1 INTRODUÇÃO

Não há uma definição única sobre o que são as Políticas Públicas, existem diversas conceituações de diferentes autores/as que retratam o tema[1]. Em um ponto de vista mais amplo, porém sintetizado, as Políticas Públicas são ações advindas do Estado para sanar ou solucionar um problema da sociedade de um modo geral ou de um setor específico, uma Política Pública pode abranger diferentes áreas que afetam diretamente uma população/comunidade como a área da saúde, educação, segurança pública e outras.

Mesmo havendo a relação direta com o governo (setor público), uma Política Pública pode ter participação do setor privado e deve ter participação popular tanto na sua elaboração (construção), bem como na sua execução e avaliação posterior.

Com base nesses aspectos elencados, o planejamento é essencial para que uma política pública cumpra seus objetivos e atendam os anseios da população com transparência, embasamento na lei, responsabilidade fiscal, bem como realizar o acompanhamento da implementação das políticas públicas e seus resultados, usando indicadores que tragam a realidade da eficácia, integrando diferentes pontos de análise (MATUS, 1991).

Mesmo diante do planejamento necessário, Matus (1991) adverte sobre as incertezas no processo executivo das políticas públicas, muitas vezes embasadas na sorte, tendo em vista as diversas influências externas de diferentes agentes que um programa sofre.

É nesse contexto que a descentralização de uma política ou programa deve ser levada em conta com o intuito de democratizar e integrar as gestões, no caso estadual e municipais, com efeito, encontra-se o programa município VerdeAzul que apresenta bases descentralizadoras, mas que carecem de uma análise mais profunda para a compreensão dos papéis exercidos pelos agentes e os mecanismos inerentes ao programa.

O PMVA foi criado em 2007 e implementado no ano seguinte pela Secretaria do Meio Ambiente do governo do estado de São Paulo (atualmente, Secretaria Estadual de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística - SEMIL), com o intuito de orientar e dar bases para as gestões ambientais dos municípios paulistas, por meio de diretivas e critérios ligados direta e indiretamente ao meio ambiente.

2 OBJETIVOS

O trabalho tem como principal objetivo o de discutir e analisar a descentralização de poder como ferramenta na gestão ambiental de políticas públicas, sobretudo no campo ambiental. Neste contexto, o presente artigo pretendeu delinear algumas das principais características descentralizadoras do programa município VerdeAzul, conduzido pela Secretaria do Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, do Estado de São Paulo, junto aos municípios paulistas que voluntariamente aderiram ao referido programa ambiental.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Parte central da discussão acerca das características apresentadas pelo programa município Verde Azul (PMVA) é a sua descentralização. Esse caráter possibilita compreender o funcionamento de uma gestão pública, *a priori,* mais democrática, participativa e personalizada e seus respectivos pontos assertivos e contestatórios.

A descentralização de uma política ou programa é parte importante no entendimento do PMVA, haja vista, sua alta capilaridade. Portanto, para a discussão em questão, é basilar que haja referências da linha histórica de parte da administração pública brasileira para compreender seu percurso até chegar em modelos que possuem características descentralizadoras de gestão.

O modelo base original do PMVA, o qual continha aspectos descentralizadores e que defendia uma gestão mais ampla e menos central, era o gerencialismo (ou administração gerencial) com traços 14 neoliberais, defendidos e implementados pelos governos de Margaret Thatcher no Reino Unido e por Ronald Reagan nos Estados Unidos na década de 1980 (NEWMAN; CLARKE, 2012).

Neste sentido, o PMVA pode ser tomado como referência para descrever o processo histórico e técnico da descentralização como parte de um modelo de gestão que contempla o cerne do desenvolvimento do PMVA, bem como outras intervenções históricas governamentais que se associaram a uma gestão mais descentralizada.

Klering, Porsse e Guadagnin (2010, p. 02) contextualizam uma das primeiras tentativas de se implementar um modelo gerencial na administração federal brasileira, por meio do Decreto Lei nº 200/67, durante o regime militar, e que se baseava na descentralização política administrativa. Em seguida, na própria Constituição Federal de 1988, por exemplo, se previu a descentralização, definindo-a como um princípio, em que se traria autonomia para os municípios com o intuito de aproximar os cidadãos, os mais interessados e afetados por uma política, da prestação de serviços,

fazendo com que, tornassem os principais responsáveis dos direitos públicos, assim, os cidadãos teriam o compromisso no planejamento, execução, e promoção de ações no serviço público (BRASIL, 1988):

> com a promulgação da Constituição de 1988, são introduzidas mudanças tanto na estrutura administrativa (processo de descentralização da administração pública), como na dimensão política (construção da cidadania plena, inserindo a sociedade na formulação de políticas públicas e na gestão governamental) (KLERING; PORSSE; GUADAGNIN, 2010, p.02).

No entanto, precedendo a abordagem de um modelo de política mais descentralizado, se faz necessário contextualizar o que previamente se praticava nas gestões públicas, com ênfase no modelo de administração pública burocrática.

Campelo (2013. p, 02) trata o modelo burocrático como fundamentado no ideário em que se adota determinados procedimentos legais com traços mais rigorosos, estes previstos em normas que permitiriam a prática de atos da administração pública:

> essas práticas visam impedir os meandros da administração patrimonialista, realizando a inversão da finalidade, ou seja, prevalecer, através da própria vontade da norma, diante do princípio da legalidade, os interesses públicos, que devem se sobrepor aos interesses meramente privados na realização da função pública e na prestação dos serviços públicos (CAMPELO, 2013. p, 02)

Em complemento, Klering, Porsse e Guadagnin (2010, p.06) definem a administração pública burocrática com atributos centrais de profissionalização de carreira, de impessoalidade, de hierarquia funcional, o que a caracteriza como um poder 15 racional-legal. De acordo com os autores, essa dinâmica pressupõe uma certa desconfiança prévia em relação aos administradores públicos e todos os envolvidos de forma direta e indireta em uma política pública. No entanto, há contrapontos que emergem com tais características que pejoram a administração pública:

> Em contrapartida, surgem disfunções; o controle – a garantia do poder do estado – transforma-se na própria razão de ser da administração. Em consequência, o estado corre o risco de voltar-se para si mesmo, perdendo a noção de sua missão básica, que é servir à sociedade. A qualidade fundamental da administração pública burocrática é a efetividade no controle dos abusos; seu defeito, por outro lado, está na ineficiência, na autorreferência, na incapacidade de voltar-se para o serviço aos seus cidadãos (KLERING; PORSSE; GUADAGNIN, 2010, p.06).

Compreender o modelo burocrático é importante para a discussão, sobretudo, porque sua substituição torna-se o ponto central na estruturação de novas formas de gestão administrativa. O modelo burocrático não foi capaz de se adequar ao tamanho do Estado, suas mais importantes atividades e sua demanda por agilidade dentro dos seus movimentos estratégicos.

Essa lentidão e o engessamento burocrático do Estado atrasavam e limitavam a administração pública, bem como, sua capacidade de desenvolver e implementar políticas públicas, deixando assim, as necessidades sociais de lado. Como resposta a esses conflitos, o novo modelo gerencial, abordado por Bresser-Pereira (1998), incorpora algumas ideias empregadas pela iniciativa privada, mas também não é capaz de negar completamente o modelo de gestão burocrático vivenciado anteriormente.

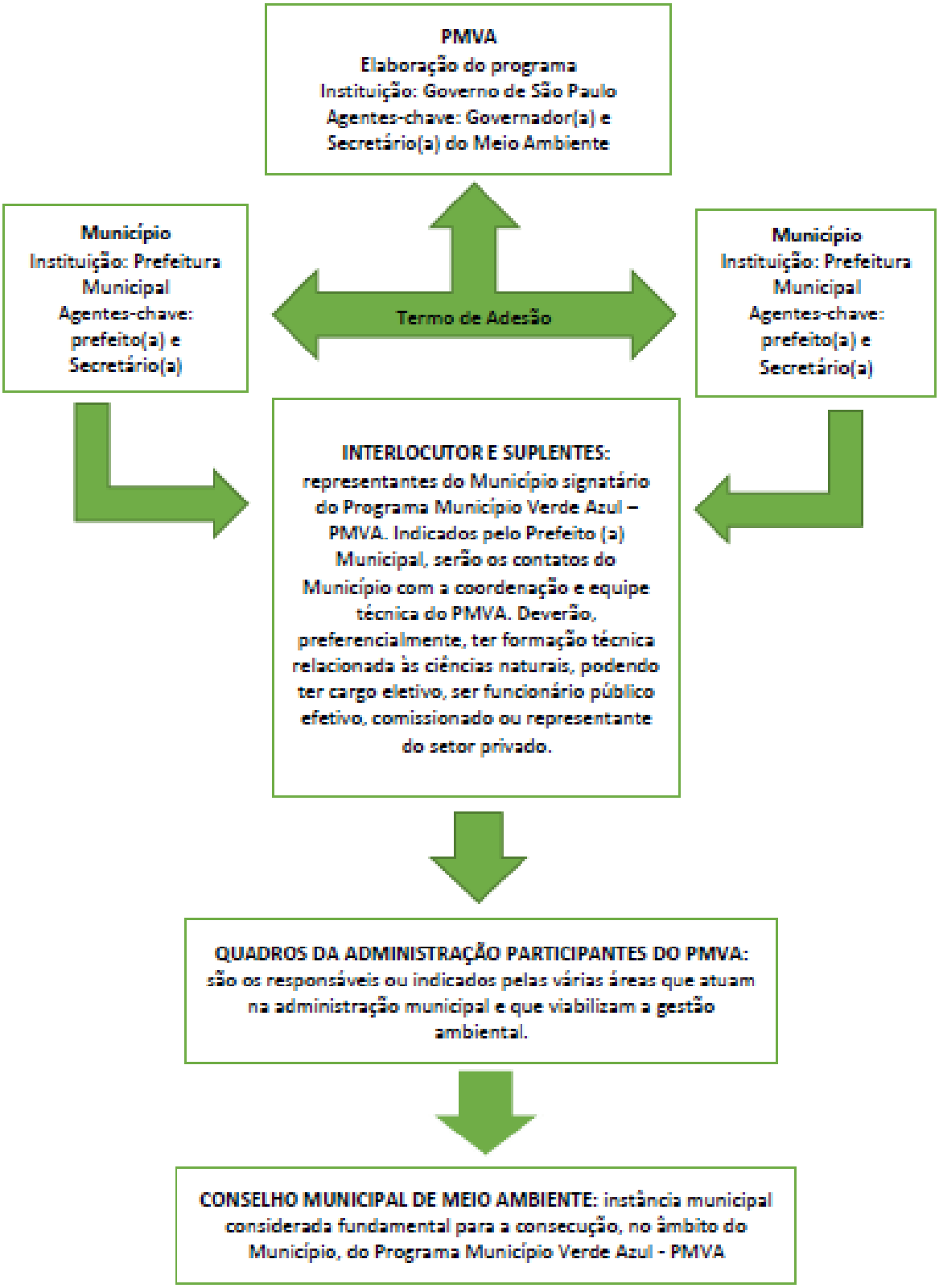
Nessa mistura entre ideias trazidas da iniciativa privada e ideias vivenciadas pelo modelo burocrático, torna-se o ambiente favorável para surgir os aspectos observáveis ainda hoje e que definem o modelo gerencial de administração pública. Vale ressaltar que existem alguns pontos de convergência e divergência entre os modelos observados.

Por exemplo, como convergência entre o modelo burocrático e gerencial pode-se citar: profissionalismo e a meritocracia. Por outro lado, no que tange aos pontos de divergência, pode-se caracterizar no modelo burocrático: (i) avaliação estratégica antes (a priori) dos processos; (ii) centralização do poder; (iii) forte estrutura hierárquica; (vi) e foco no processo e nas tarefas. Por sua vez, os pontos de divergência sob o ponto de vista do modelo gerencial, pode-se caracterizar: (v) avaliação estratégica depois (a posteriori) dos resultados; (vi) descentralização; (vii) estrutura hierárquica flexível; e (viii) foco nos resultados e cidadãos.

O foco nos resultados e nos cidadãos, anteriormente citado, é abordado por Motta (1994), que aponta para novas maneiras de participação democrática em virtude de maior articulação e agregação de interesses comunitários que seriam ignorados pelo sistema político anterior.

Assim, as proposições acerca da descentralização eram atrativas em razão da proximidade com os ideais democráticos. Dentre os principais pontos de divergência e convergência entre os dois modelos elencados, a centralização do poder por parte do modelo burocrático e a respectiva descentralização do ponto de vista gerencial, se destacam no interesse meritório da discussão. Assim, culminando-se no substancial aspecto do PMVA, a descentralização da gestão.

Fluxograma 1. Descentralização do PMVA



Fonte: Elaborado pelos autores (2023)

É observado pelo fluxograma, que o PMVA traz um modelo claro de descentralização, seguindo os passos de outros importantes programas a nível federal como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE) (NERO; GARCIA; ALMASSY, 2022), bem como em políticas e programas de cunho ambiental (NADAL *et al*., 2021).

Nesse sentido, cada agente cumpre sua função, ao passo que as responsabilidades passam por todos os componentes do processo. No próprio governo de Juscelino Kubitschek houve ensaios a respeito de reformas administrativas que promovessem simplificação nos processos, bem como reformas nos ministérios, que buscasse, principalmente reformas globais e a descentralização de serviços ofertados (KLERING, PORSSE; GUADAGNIN, 2010, p. 03).

As mudanças permaneceram e na Reforma ocorrida em 1967 por meio do Decreto de Lei nº 200, buscou-se a quebra da rigidez burocrática, dando início a primeira ação gerencial no país, recorrendo a descentralização "mediante o referido Decreto-Lei, realizou-se a transferência de atividades para autarquias, fundações, empresas públicas e sociedades de economia mista, a fim de obter-se maior dinamismo operacional por meio da descentralização funcional" (KLERING, PORSSE; GUADAGNIN, 2010, p. 03).

Motta (1994) via com naturalidade o surgimento da descentralização política administrativa como proposta, uma vez que o país apresentava atrasos sociais e econômicos. Segundo o autor, esses atrasos eram sempre atrelados a um modelo carregado de autoritarismo e centralismo. Assim, com a descentralização, pavimentaria um caminho a se contrapor essa realidade, por meio de maior autonomia (CRAVEIRO; ESTEVINHO, 2021).

As tendências descentralizadoras também foram impulsionadas em consequência do desenvolvimento de novas tecnologias, tal como novas formas de organização industrial e comercial (MOTTA, 1994). Essas atividades de caraterísticas tecnológicas possuem em sua organização produtiva maior descentralização (MOTTA, 1994).

Além disso, a descentralização permite que a esfera "fornecedora" invista mais recursos no programa ou política em questão, como observado por Nero, Garcia e Almassy (2022) em estudo sobre o PNAE. Bresser-Pereira (1997) considera ainda a descentralização como característica inerente da administração pública gerencial:

> É orientada para o cidadão e para a obtenção de resultados; pressupõe que os políticos e os funcionários públicos são merecedores de um grau real ainda que limitado de confiança; como estratégia, serve-se da descentralização e do incentivo à criatividade e à inovação; o instrumento mediante o qual se faz o

> controle sobre os órgãos descentralizados é o contrato de gestão (BRESSER-PEREIRA, 1997, p. 08)

Para Bresser-Pereira, a administração gerencial baseava-se na descentralização, na delegação de autoridade, bem na responsabilidade do gestor público. Nesse aspecto, haveria um rígido controle do desempenho, aferido com base em critérios preestabelecidos em contrato, no mais, o autor afirma a maior eficácia desse modelo, onde em comparação ao modelo burocrático, tem orientação voltada para os anseios do cidadão e não mais autorreferida como na gestão pública burocrática, conforme Bresser-Pereira (1997, p. 09):

> Para que se proceda ao controle dos resultados, descentralizadamente, em uma administração pública, é preciso que políticos e funcionários públicos mereçam pelo menos um certo grau de confiança. Confiança limitada, permanentemente controlada por resultados, mas ainda assim suficiente para permitir a delegação, para que o gestor público possa ter liberdade de escolher os meios mais apropriados ao cumprimento das metas acordadas, ao invés de fixar metas e procedimentos em lei. Na administração burocrática, esta confiança não existe (BRESSER- PEREIRA, 1997, p. 10)

Essa "confiança limitada" trazida por Bresser-Pereira, é observada no PMVA, uma vez que cabe aos interlocutores e suplentes atuarem na gestão e execução de ações do programa em seus respectivas municípios, mas não deixando de prestar contas por meio de relatórios periódicos junto ao governo estadual.

Motta (1994) corrobora com Bresser-Pereira ao sugerir que a descentralização seria um passo importante para os atores políticos locais, pois representaria atribuir mais poder a eles, em contraponto ao que era empregado, em que havia submissão desses atores a um poder centralizado.

Em estudo publicado, Nadal *et* al. (2021) verificaram que o amparo legal viabilizou o surgimento de políticas públicas, que se findou em um mecanismo com aspectos de descentralização. Em consequência, houve redistribuição na responsabilização do processo político, desmembrado entre União, Estado e municípios (NADAL *et* al., 2021).

Essa última parte, os municípios, representam o final da cadeia, ou seja, onde realmente a população está, por isso o PMVA oferece a possibilidade de uma intervenção mais íntima, em que são considerados problemas públicos intrínsecos dos municípios.

Outro ponto importante, é relacionado a participação popular, abordado por Motta (1994) e caracterizada por Deslandes (2018) como a vontade coletiva:

> dimensão social da descentralização política se traduz na participação social na gestão pública, num conjunto de formas e recursos de capacitação de grupos

> para decidirem sobre problemas da agenda pública, permitindo a expressão da vontade coletiva (ou de coletivos) nos espaços de tomada de decisão, na fiscalização e controle social dos serviços e projetos da gestão pública (DESLANDES, 2018).

Nesse aspecto, Craveiro e Estevinho (2021, p. 03) também relacionam a descentralização com a imersão da comunidade em processos decisórios “temos a descentralização que envolve uma maior participação político-administrativa do cidadão”. Assim como Nero, Garcia e Almassy (2022) que citam a necessidade do envolvimento da sociedade, que ocorre por meio da descentralização. Além disso, outras crenças são elencadas por Motta (1994) que percebe na descentralização a oportunidade de divulgação de propostas específicas referentes ao modelo de gestão:

> O movimento de descentralização nos países desenvolvidos concorre para divulgar as seguintes crenças ou propostas: a) necessidade de se instituir políticas de "devolução" do poder usurpado; b) descrença nos aparatos administrativos centrais, vistos como distantes, inacessíveis, ineficientes e desinteressados do bem-estar comunitário; e c) reestruturação da vida político administrativa local, não só para a prestação de serviços antes centralizados, mas também para permitir o exercício mais eficiente dos direitos de cidadania (MOTTA, 1994, p. 3).

De acordo com Bresser-Pereira (1997, p. 13), as atividades de um governo se dividem basicamente em exclusivas e não-exclusivas, sendo exemplos de atividades exclusivas à s que abrangem setores estratégicos e tradicionais como: forças armadas, polícia e agência arrecadadora de impostos; por outro lado, serviços de educação, de saúde, culturais e pesquisas científicas, são tratados pelo autor como serviços não exclusivos.

Essa distinção é importante, uma vez que Bresser-Pereira (1997) prevê, para os serviços não-exclusivos, uma maior participação na oferta do setor privado, assim como o setor público não-estatal. Nesse sentido, novamente dá-se uma característica descentralizadora a esses serviços, ou seja, O PMVA que contempla áreas que desenvolvam ações culturais, de educação e pesquisa científica engloba-se na teoria do autor.

Por sua vez, Craveiro e Estevinho (2021), por meio de estudos, dão outros atributos e compreensões a respeito da descentralização:

> descentralização foi compreendida em suas múltiplas dimensões: como uma ferramenta associada à transformação e reforma do Estado; como um mecanismo capaz de dinamizar as relações intergovernamentais; como fomentadora de participação popular nas instâncias governamentais e como solução para problemas decorrentes da ausência da atuação do Estado em setores específicos (CRAVEIRO; ESTEVINHO, 2021, p. 12).

Em relação aos serviços exclusivos do Estado, citados por Bresser-Pereira, Paula (2005, p. 07) afirma haver um núcleo estratégico que segue o Plano Diretor e que concentra em si a elaboração e a avaliação das políticas públicas, posteriormente, encarregando a implementação para instituições de caráter descentralizador da administração indireta, como exemplo: autarquias e fundações públicas. Nessa seara, vale ressaltar que existem autores contrários, ou minimamente críticos a ideia de descentralização, mas que de certa maneira não vão de encontro com um dos princípios básicos da descentralização, cujo se refere a uma gestão pública mais compartilhada.

Peres (2021) por exemplo, por meio dos resultados obtidos em sua pesquisa, observou que o "caráter descentralizador e participativo é sempre apresentado de maneira explícita como interesse do Estado", isso se deve, segundo o autor, ao anseio de se aplicar os preceitos constitucionais previstos na Política Nacional de Meio Ambiente e na Política Estadual de Meio Ambiente.

Além disso, Santos (2019) aponta uma brecha em pesquisas relacionadas ao tema. Segundo o autor, os estudos são baseados em casos específicos, como os de municípios ou do comportamento do governo federal; não voltando-se, por exemplo, para os gastos acometidos pelas descentralizações. Outro autor a apontar contradições nas gestões descentralizadoras é Dias (2004, p. 91) ao se referir ao Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

Para o autor a instituição sofreu nos primeiros anos de criação alguns entraves da descontinuidade administrativa "causada pela troca constante de seus titulares (o Ibama, em menos de três anos de criação, teve oito presidentes) e agora sofria claras investidas para o seu desmonte, disfarçado de 'descentralização'".

É comum que agentes políticos se utilizem de teorias estabelecidas e com certo grau de confiança para justificar, por vezes, decisões incongruentes e maliciosas em suas gestões; porém, ao se centralizar nos princípios basilares da descentralização, consegue-se expor benefícios palpáveis para uma gestão mais democrática e participativa.

Essa descentralização do programa é também apresentada nas considerações da Resolução SMA 9 de janeiro 2008, em que é lançado o Projeto Ambiental Estratégico Município Verde 50 (PAEMV), reforçando o objetivo do Estado em compartilhar o controle da qualidade das ações da agenda ambiental com os respectivos municípios, aumentando a descentralização e, de forma direta, a participação cidadã (SÃO PAULO, 2008).

Isso é fundamental do ponto de vista das políticas públicas e corrobora com o que já havia sido abordado transparecendo a peculiaridade inerentes à uma política ambiental, educacional ou social. Por fim, em relação a execução dos objetivos estabelecidos, em um contexto governamental, a prestação de contas é ponto chave para um bom ordenamento e operação de uma política (MATUS, 1991; MELGES, FIGUEIREDO NETO; BENINI, 2021; NERO; GARCIA; ALMASSY, 2022), o que de fato se observa no Programa Município Verde Azul é uma integração entre as esferas que cumprem requisitos com bases em relatórios técnicos e financeiros que permitem a esfera superior identificar a implantação correta ou não determinados planejamentos e ações.

Quadro 1. Aspectos do PMVA

Aspectos do PMVA	
Integração	Diretivas e critérios que preveem a adesão à programas e ações do governo estadual: SP sem fogo; Programa Nascentes; Projetos cadastrados no SARE; Dispõe de servidores municipais participando das Câmaras Técnicas do seu respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica
Descentralização	Execução dos critérios e fornecimento de dados e informações por parte dos municípios; Planejamento integrado entre as esferas estadual e municipal.
Mão dupla	Contrapartidas da SEMIL junto aos municípios durante o ciclo do PMVA: Treinamento de interlocutores e suplentes; Tira-dúvidas; Disponibilização de consulta técnica; Premiações.
Alinhamento	Critérios que preveem alinhamento entre as esferas: O Plano de Saneamento está alinhado às metas do Novo Marco Regulatório do Saneamento (Lei Federal n° 14.026, de 15 julho de 2020); O Plano de Saneamento está alinhado às metas do Novo Marco Regulatório do Saneamento (Lei Federal n° 14.026, de 15 julho de 2020).

Fonte: elaborado pelos autores (2023)

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que o programa Município VerdeAzul efetivamente tem em um dos seus princípios uma gestão descentralizada. O referido programa, ademais, apresenta-se de maneira totalmente articulada e transparente com respeito aos processos e ações inclusos nas gestões dos municípios. Em outras

palavras, existe um controle por parte da SEMIL com respeito aos resultados (objetivos e metas) alcançados pelos municípios paulistas que voluntariamente aderiram ao PMVA mas, em contrapartida os benefícios atingidos pelos municípios são pré-estabelecidos e ofertados automaticamente, integralizando as ações. Neste sentido, é até possível entender-se que a descentralização, neste caso, tem um sentido de "mão dupla", ou seja, permitindo o intercâmbio e a interação do Estado para os Municípios e dos Municípios para o Estado.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. Brasília, 05 out.

1988. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/ConstituicaoCompilado.htm>.

Acesso em: 02 fev. 2022.

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. Da administração pública burocrática à gerencial. Revista do Serviço Público, v. 47, n. 1, p. 7-40, 1996. Disponível em: <https://revista.enap.gov.br/index.php/RSP/article/view/702>. Acesso em: 09 abr. 2022.

BRESSER-PEREIRA, Luiz Carlos. Estratégia e estrutura para um novo Estado. Revista de Economia Política, v. 17, n. 3, p. 24-38, 1997. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/bitstream/1/1447/1/1997%20vol.48%2cn.1%20Bresser%20Pereira.pdf>. Acesso em: 08 abr. 2022.

BURSZTYN, Marcel; BURSZTYN, Maria Augusta. Fundamentos de política e gestão ambiental: os caminhos do desenvolvimento sustentável. Rio de Janeiro: Garamond, 2012.

CAMPELO, Graham Stephan Bentzen. Administração pública no Brasil: ciclos entre patrimonialismo, burocracia e gerencialismo, uma simbiose de modelos. Ciência & Trópico, Recife, v.34, n. 2, p. 297-324, 2010. Disponível em: https://fundaj.emnuvens.com.br/CIC/article/view/871. Acesso em: 23 de mar. 2022.

CRAVEIRO, A. H.; ESTEVINHO, T. A. D. Reforma do estado e descentralização no governo de Mato Grosso (1995-1998). Revista de Ciência Política, Direito e Políticas Públicas, v. 1, n. 1, p. 54–67, 2021. Disponível em: https://periodicos2.unemat.br/index.php/politikcon/article/view/5082. Acesso em: 5 maio. 2022.

DESLANDES, Suely Ferreira. O ativismo digital e sua contribuição para a descentralização política. Ciência & Saúde Coletiva, 2018, v. 23, n. 10, p. 3133-3136. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csc/a/qmYg4yygsjgWwmQ8MvHVM5N/?lang=pt>. Acesso em: 16 fev. 2022.

DIAS, Genebaldo Freire. Educação ambiental: princípios e práticas. 9ª ed. São Paulo: Gaia, 2004.

HOCHMAN, Gilberto, ARRETCHE, Maria, MARQUES, Eduardo (Organizadores). Políticas públicas no Brasil. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ, 2007. 398 p.

KLERING, Luis Roque; PORSSE, Melody de Campos Soares; GUADAGNIN, Luis Alberto. Novos caminhos da administração pública brasileira. Análise, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 4-17, jan./jun. 2010. Disponível em:

<https://revistaseletronicas.pucrs.br/index.php/iberoamericana/N%C3%83%C6%92O%20https:/www.scimagojr.com/index.php/face/article/view/8231>. Acesso em: 15 mar. 2022.

MATUS, Carlos. O Plano como Aposta. São Paulo em perspectiva, v. 5, n. 4, p. 28-42, 1991. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.leg.br/escoladoparlamento/wpcontent/uploads/sites/5/2015/07/O-Plano-como-Aposta-Matus.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2022.

MELGES, Fábio; NETO, Leonardo Francisco Figueiredo; BENINI, Élcio Gustavo. Pagamento por serviços ambientais de recursos hídricos na região Centro-Oeste do Brasil: uma abordagem crítica da perspectiva coaseana. Interações, Campo Grande, MS, v. 22, n. 3, p. 907-924, jul./set. 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/inter/a/MBDJq7L9LzbswRWr3LBTZXS/?lang=pt>. Acesso em: 15 mar. 2022.

MOTTA, Paulo Roberto. Participação e Descentralização administrativa: lições de experiências brasileiras. Revista de Administração Pública. Rio de Janeiro: FGV/EBAP, n° 3, 1994.

NADAL, Karla et al. Políticas públicas ambientais: uma revisão sistemática. Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais, v. 12, n. 1, p. 680-690, 2021. Disponível em: <http://sustenere.co/index.php/rica/article/view/CBPC2179-6858.2021.001.0054/2491>. Acesso em: 09 fev. 2022.

NERO, Dario da Silva Monte; GARCIA, Rosineide Pereira Muraback; JÚNIOR, Alexandre Americo Almassy. O Programa Nacional de Alimentação Escolar (Pnae) a partir de sua gestão de descentralização. Ensaio: aval. pol. públ. Educ., Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ensaio/a/pfb3x4Dy3kCzLYHHFYCCB9d/?lang=pt>. Acesso em: 15 mar. 2022.

NEWMAN Janet; CLARKE, John. Gerencialismo. Educ. Real., Porto Alegre, v. 37, n.2, p. 353-381, maio/ago. 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/edreal/a/D9rWCZq8yqtBmtCTQSCjnPk/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 26 mar. 2022.

PAULA, Ana Paula Paes de. Administração pública brasileira: entre gerencialismo e a gestão social. RAE, Rio de Janeiro: FGV, v. 45, n. 1, p. 36-49, jan./março 2005. Disponível em:< https://www.scielo.br/j/rae/a/HqKgvKNRxhMmCyxK7jbJz8g/?lang=pt&format=pdf>. Acesso em: 15 mar. 2022.

PERES, Lucas Otavio. O Programa Município Verdeazul como norteador na formulação de políticas públicas: uma análise da proposta do Índice de Avaliação Ambiental como indicador ambiental para Aglomeração Urbana de Franca-SP. Dissertação de Mestrado. Pós-graduação em Planejamento e Análise de Políticas Públicas – FCHS, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/204283>. Acesso em: 14 fev. 2022.

SANTOS, Edmilson Santos dos. A descentralização em curso das políticas públicas de esporte e lazer no estado do Piauí. Pensar a Prática, Goiânia, 2019, v. 22. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/fef/article/view/52594/33291>. Acesso em: 06 mar. 2022.

SÃO PAULO. Resolução SMA nº 09, de 31 de janeiro de 2008. Dispõe sobre o Projeto Ambiental Estratégico Município Verde e dá outras providências correlatas. Disponível em: <https://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamento/documentos/2008_Res_SMA_09.pdf>. Acesso em: 05 fev. 2022.

Capítulo 11

10.37423/250109567

ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO EXTRATO ETANÓLICO DAS FOLHAS DE CHRYSOBALANUS ICACO

Eduardo Vinícius Silva dos Santos — *Hospital Regional do Agreste*

Matheus Willyan Ferreira dos Santos — *Universidade de Pernambuco – Instituto de Ciências Biológicas*

Juliana de Souza Henrique — *Universidade de Pernambuco – Instituto de Ciências Biológicas*

Priscilla Barbosa Sales de Albuquerque — *Universidade de Pernambuco – Campus Garanhuns*

Natalie Emanuelle Ribeiro Rodrigues — *Universidade de Pernambuco – Campus Garanhuns*

INTRODUÇÃO

Radicais livres são produzidos pelos organismos constantemente, sendo átomos ou moléculas que contém um ou mais elétrons desemparelhados na sua última camada, de modo que confere uma característica reativa. A produção dos radicais livres, quando em excesso, levam ao estresse oxidativo, causando prejuízos ao organismo, uma vez que pode resultar na degradação de estruturas biológicas essenciais para o funcionamento orgânico celular e proporcionar o desenvolvimento ou agravamento de doenças (Vellosa et al., 2021). Os antioxidantes podem agir retardando ou prevenindo a oxidação do substrato envolvido nos processos oxidativos impedindo a formação de radicais livres e prevenindo o desencadeamento de reações oxidativas. Como fontes de antioxidantes naturais, destacam-se plantas com seu metabolismo secundário, que possibilita a formação de compostos bioativos (Santos et al, 2018). Dentro desse contexto encontra-se a *Chrysobalanus icaco*, também conhecida como guajuru, é amplamente utilizada na medicina popular para tratamento de diabetes, diarreia e inflamações. Estudos farmacológicos relataram que o extrato aquoso de folhas de *C. icaco* (EACI) apresentam propriedades analgésica, anti-inflamatória, hipoglicemiante e antioxidante (Castilho *et al*., 2000; Chisté, 2013; Oliveira *et al*., 2014; White *et al.*, 2016). A análise fitoquímica revelou a presença de flavonóides e terpenos a citar a rutina, quercitrina e miricitrina em suas folhas e frutos. (Araújo-Filho *et al.*, 2016; Ribeiro *et al*., 2020). Portanto, na tentativa de encontrar novos vegetais com potencial antioxidante, o objetivo deste estudo é investigar a capacidade antioxidante *in vitro* do extrato etanólico das folhas de *C. icaco.*

MATERIAIS E MÉTODOS

As folhas de *Chrysobalanus icaco* foram coletadas no Agreste Pernambucano. Posteriormente, as folhas foram secas em estufa de ar circulante à temperatura de 45 ± 2 ºC e em seguida moídas. Para a obtenção do extrato, a matéria-prima vegetal foi submetida à maceração em etanol, com posterior remoção do solvente por rota-evaporação. Os ensaios antioxidantes foram realizados pelo método do DPPH e ABTS; de acordo com a metodologia utilizada será a descrita por Re et al. (1999) e Brand-Williams (1995), respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O extrato etanólico das folhas da *C. icaco* foi capaz de sequestrar mais de 50% dos radicais de DPPH e ABTS a partir da menor concentração testada (1 µg/ml). Ainda, foi observado que a partir da

concentração de 4 µg/ml o EEFCi foi capaz de eliminar mais de 90% do DPPH e na concentração de 10 µg/ml foi capaz de eliminar mais de 90% do ABTS. A atividade antioxidante da *C. icaco* já está bem fundamentada na literatura. Ao avaliar a atividade antioxidante do extrato aquoso das folhas de C icaco, Cavalcanti et al., (2023) observaram que o extrato demonstrou boa atividade antioxidante, com taxas de sequestro de 49,31 ± 3,45 % do radical ABTS na concentração de 500 µg/mL e 65,65 ± 6,04 % na concentração de 1000 µg/mL e redução de 50% do DPPH inicial, superando o IC50 nas menores concentrações testadas. Além disso, ao avaliarem a atividade antioxidante total pelo ensaio do fosfomolibdênio, eles observaram que a concentração necessária para reduzir 50% do Mo4+ para Mo5+, com subsequente formação de fosfato de Mo5+, foi semelhante ao ácido ascórbico. Um estudo realizado por Nojosa et al., (2023) demonstrou que o extrato das folhas de *C. icaco* apresentou boa capacidade de sequestrar radicais livres; os autores atribuem essa atividade à concentração de compostos bioativos presentes na espécie.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo mostrou que o extrato etanólico das folhas de C. icaco possui atividade antioxidante e, provavelmente, os flavonóides são os compostos responsáveis por essa ação. Sendo assim, a *C. icaco* torna-se uma espécie promissora para o tratamento de doenças relacionadas ao estresse oxidativo, porém, mais estudos são necessários a fim de assegurar sua eficácia.

Palavras-chave: Chrysobalanaceae, produto natural, Radicais Livres.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO-FILHO, H.G. et al. Phytochemical screening and analgesic profile of the lyophilized aqueous extract obtained from Chrysobalanus icaco leaves in experimental protocols. Pharmaceutical Biology, v. 54, n.12, p. 3055-3062, 2016.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Food Science and Technology, v. 28, p. 25-30, 1995.

CASTILHO, R.O. et al. A survey of chemical and biological activities of Chrysobalanaceae. Academia Brasileira de Ciências, v. 72, n. 2, p. 292-293, 2000.

CAVALCANTI, M. L.; SANTANA, M. C. S.; NUNES, D. M.; FEITOZA, G. S.; MARQUES, M. B.; COSTA, M. J. F.; SETTE-DE-SOUZA, P. H.; ALBUQUERQUE, P. B. S.; RODRIGUES, N. E. R. Biological activity and phytochemical profile of the aqueous extract of Chrysobalanus icaco. PEER REVIEW, Vol. 5, Nº 19, 2023. DOI: 10.53660/936.prw2525.

CHISTÉ, R. C. et al. The phenolic compounds and the antioxidant potential of infusion of herbs from the Brazilian Amazonian region. Food Research International, v. 53, n. 2, p. 875-881, 2013.

NOJOSA, E. C. N.; MARQUES, G. E. C.; PAZ, S. A.; REIS, J. T.; BRANDÃO, C. M.; NASCIMENTO, A. S.; CAMARA. M. B. P.; SANTOS, D. R. Bioatividade e avaliação antimicrobiana de extratos de Chrysobalanus icaco L. encontrados no maranhense amazónico, Brasil. Revista Gestão e Secretariado (GeSec), São Paulo, SP, v. 14, n. 9, 2023, p. 15537-15551.

OLIVEIRA, T.B. et al. Anti-inflammatory and antinociceptive effects of the aqueous extract of the bark of Chrysobalanus icaco Linnaeus. British Journal of Pharmaceutical Research, v.4, n. 10, p.1253-1268, 2014.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICEEVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. Free Radical Biology and Medicine, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

RIBEIRO, N. E. et al. Acute and repeated dose 28-day oral toxicity of Chrysobalanus icaco L. leaf aqueous extract. Regulatory Toxicology and Pharmacology, v. 113, n. 104643, 2020.

SANTOS, J. A. S. et al. Estudo do potencial antioxidante da Anacardium occidentales L. e determinação de seus compostos fenólicos. Diversitas Journal, v. 3, n. 2, p. 455-474, 2018.

VELLOSA, J. C. R. et al. Estresse oxidativo: uma introdução ao estado da arte. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 1, p. 10152-10168, 2021.

WHITE, P.A.S. et al. Chrysobalanus icaco L. Leaves Normalizes Insulin Sensitivity and Blood Glucose and Inhibits Weight Gain in High-Fat Diet-Induced Obese Mice. Jornal of Medicinal Food, v.29, n.2, p. 155-160, 2016.

Capítulo 12

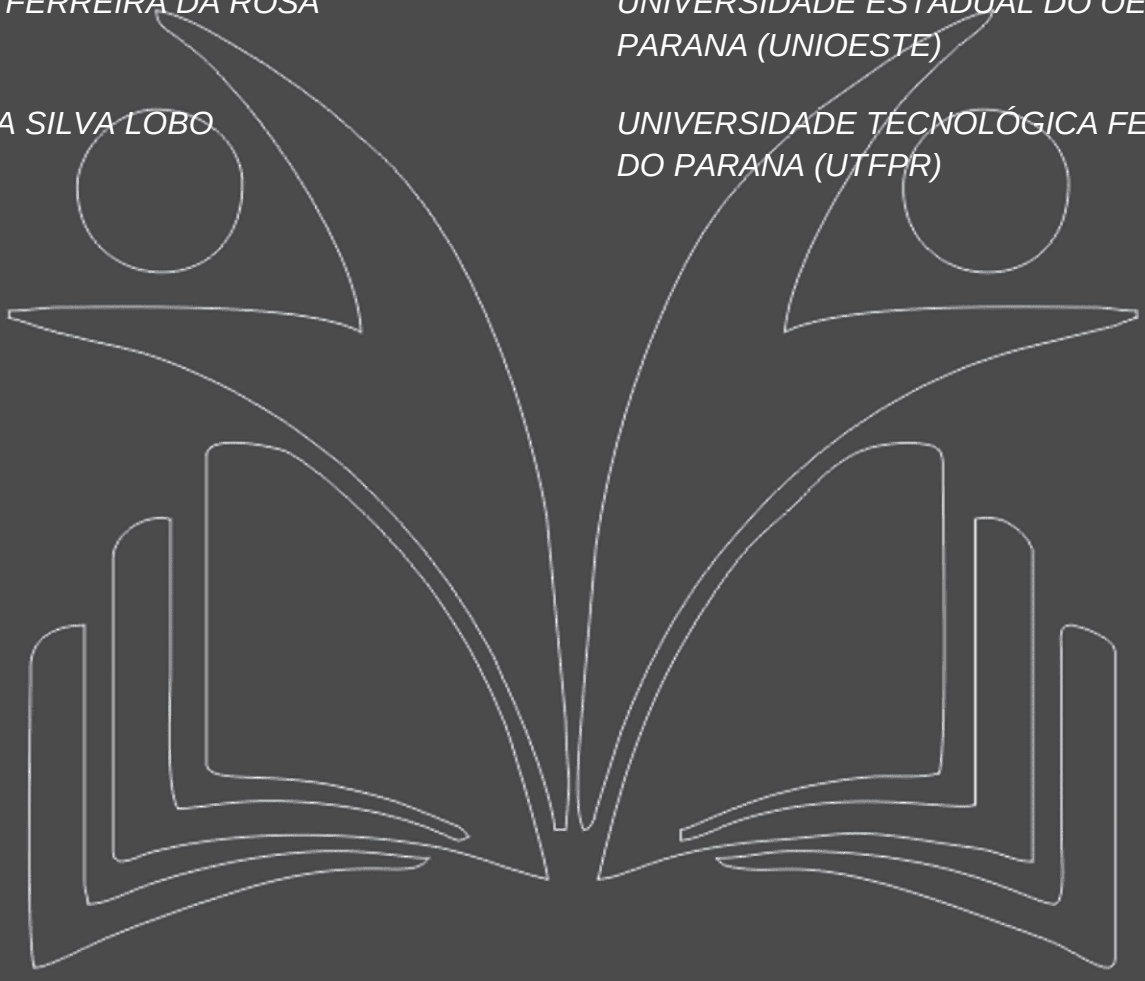
10.37423/250109578

UTILIZAÇÃO DE BENTONITA COMO CATALISADOR PARA REAÇÕES ORGÂNICAS: UMA BREVE REVISÃO

THAYNARA ROBERTA DE SOUZA — *UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANA (UNIOESTE)*

MAURICIO FERREIRA DA ROSA — *UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANA (UNIOESTE)*

VIVIANE DA SILVA LOBO — *UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANA (UTFPR)*



Resumo: A catálise é uma área da Química de grande importância tecnológica, pois a utilização de catalisadores resulta, geralmente, em menor tempo reacional, bons rendimentos e menor dispêndio energético. Na literatura são encontrados vários exemplos de reações químicas que ocorrem de forma rápida e com bons rendimentos com o emprego de metais como catalisadores. As argilas são alguns exemplos de catalisadores sólidos que atuam em diferentes transformações químicas. As argilas possuem alta área superficial, sítios ácidos ou básicos e a presença de metais ativos que conferem seu poder catalítico. O presente trabalho possui o objetivo de realizar uma revisão narrativa da literatura sobre a potencialidade das argilas bentoníticas quanto à sua capacidade catalítica em algumas reações orgânicas.

Palavras-chave: bentonita; catálise; química verde.

INTRODUÇÃO

A procura por procedimentos sintéticos que envolvam reagente e condições de reação que forneçam os produtos desejados por meio de um menor custo e com o mínimo de impacto ambiental, vem sendo desenvolvida por químicos orgânicos. Nesta procura, encontraram uma nova abordagem para a síntese orgânica: catalisadores à base de argilas (NAGENDRAPPA; CHOWREDDY, 2021).

As argilas são substâncias que podem ser encontradas no mundo todo, como parte do solo, sendo materiais baratos. São amplamente utilizadas na indústria e no ramo científico. Dentre as variedades de argilas, as esmectitas vêm sendo amplamente empregadas como catalisadores em uma vasta gama de transformações orgânicas, isso por conta de suas propriedades intrínsecas, como sua boa expansibilidade, excelente capacidade de troca catiônica, reciclabilidade recorrente, entre outras (NAGENDRAPPA; CHOWREDDY, 2021).

Atualmente, os argilominerais são considerados catalisadores promissores, pois são de baixo custo, ecológicos, não tóxicos e não corrosivos. A bentonita é composta predominantemente por montmorilonita, e este é um mineral abundante, barato e de ocorrência natural, em que suas camadas são compostas por aluminossilicato e cátions trocáveis (MUTHUVEL *et al*., 2016; BHATTI *et al*., 2020).

A bentonita pode ser definida como uma rocha constituída essencialmente por um argilomineral montmorilonítico cuja fórmula química geral é $M_x(Al_{4-x}Mg_x)Si_8O_{20}(OH)_4$. Suas partículas possuem tamanho médio de 0,5 μm e formato de placas ou lâminas (SILVA & FERREIRA, 2008). A bentonita mais comum é a cálcica, no entanto, há também outros tipos que possuem sódio, potássio, ferro e alumínio.

Em decorrência de suas características estruturais únicas, a montmorilonita é capaz de hospedar uma variedade de modificadores, como metais, íons metálicos, sais metálicos, complexos metálicos, heteropoliácidos, óxidos metálicos e moléculas orgânicas ou outras entidades químicas (NAGENDRAPPA; CHOWREDDY, 2021).

Sua estrutura lamelar permite a inclusão de outras moléculas ou íons em seus interstícios, habilitando as bentonitas a atuarem como catalisadores para diversas reações. No trabalho de SEDAGHAT *et al*. (2014), modificou-se a bentonita pela inserção de CTMAB, visando sua utilização como catalisador na síntese de cromenos, e também houve, no trabalho de SHAO *et al*. (2015), a modificação da bentonita mediante à incorporação da tiamina, com isso, utilizou-se o compósito como catalisador na degradação de contaminantes emergentes com bons resultados.

A bentonita também é muito utilizada como lama de perfuração, pois, ao ser suspensa em água, forma um material viscoso e diluente. Estas características ao serem empregadas na perfuração, faz com que a broca e as ferramentas de corte sejam resfriadas e lubrificadas, trazem cascalhos liberados durante a perfuração para a superfície, controlam a pressão, evitam rupturas, entre outras coisas NLEMEDIM *et al*. (2023). No trabalho de AZEEZ *et al*. (2018) e NLEMEDIM *et al*. (2023), são estudadas as aplicações da bentonita como lama de perfuração.

Pode ser utilizada para a remoção de impurezas no processamento de óleos e gorduras comestíveis (MANNU *et al*., 2018); como espessantes nas indústrias de tintas e vernizes (MURRAY, 1991); em detergentes para amaciar tecidos (WATI; ROHMAN; MUFROD, 2019); na remoção de metais pesados de solução aquosa (WAHAB *et al*., 2019); e na área de cosméticos (DA SILVA FAVERO *et al*., 2019).

Muito se fala na Química Verde sobre o desenvolvimento de catalisadores de metal heterogêneo altamente funcionalizados. A montmorilonita, mediante suas características, permite a inserção de um metal, em que a argila é utilizada como macroligante para espécies metálicas. Além disso, esse material é capaz de originar espécies metálicas cataliticamente ativas, onde são responsáveis por transformações orgânicas direcionadas envolvendo monômeros, espécies semelhantes a cadeias ou aglomerados gigantes (KANEDA *et al*., 2006).

Os catalisadores de montmorilonita são reutilizáveis, com baixa perda de suas atividades ou seletividades. Além disso, a aplicação de sistemas catalíticos baseados em argilominerais como macroânions vai além de mera imobilização e levará ao desenvolvimento de catalisadores ácidos heterogêneos de Brønsted e Lewis de alto desempenho para sínteses orgânicas “verdes” segundo KANEDA *et al*. (2006).

Há diversos tipos de catálises que são utilizadas em nosso dia a dia, sendo uma delas, a catálise homogênea. Esta, possui como característica, os reagentes e o catalisador encontrar-se na mesma fase, havendo então uma melhor interação entre esses componentes, levando à obtenção de rendimentos elevados. A catálise homogênea possui desvantagem quando aplicada à área industrial, onde, há uma certa dificuldade de remoção do catalisador do meio reacional (DIAS; FERREIRA; CUNHA, 2012).

Já a catalise heterogênea apresenta-se com fases distintas, onde, em uma delas é possível encontrar o reagente e na outra, o catalisador. Os reagentes e produtos que se encontram em fase líquida ou gasosa, permanecem ligados a uma superfície sólida (o catalisador) mediante interações covalentes

ou por adsorção. Assim, o catalisador pode ser eficientemente separado do meio reacional (DIAS; FERREIRA; CUNHA, 2012).

Um dos catalisadores heterogêneos muito utilizado é a argila, que possui ampla aplicação no campo da indústria, medicamentos, fluidos de perfuração etc. Atualmente, os cientistas estão tentando minimizar o uso produtos químicos nocivos ao meio ambiente, substituindo-os por materiais ecológicos (BORAH; NATH; SAIKIA, 2022).

Dentre as argilas mais utilizadas como catalisadoras, está a bentonita, que é uma das argilas mais antigas que a humanidade utiliza desde a antiguidade como hábitos e remédios tradicionais. Nos últimos anos, pesquisadores encontraram muitas aplicações para a argila bentonita devido às suas diversas propriedades físico-químicas (BORAH; NATH; SAIKIA, 2022).

A bentonita é valorizada industrialmente devido às suas propriedades físico-químicas favoráveis, como alta plasticidade, lubricidade, resistência de ligação a seco, resistência ao cisalhamento e à compressão e baixa permeabilidade e compressibilidade. Isso faz com que a torne extremamente adequada para uma infinidade de aplicações, como fluido de perfuração para atividades de mineração, ligação de areia de fundição, pelotização de minério de ferro, impermeabilizante e agente de vedação etc. Mas, por possuir alta área superficial específica e volume de poros, estrutura organizada em camadas, excelente capacidade de troca catiônica aliada à estabilidade química e mecânica tornam a argila bentonítica apropriada para aplicações como catalisador, bem como adsorvente em uma ampla gama de indústrias de processos químicos (GANDHI; BANDYOPADHYAY; SONI, 2022).

A argila bentonita é constituída de filossilicato de alumínio composta principalmente de quartzo, feldspato, vidro vulcânico, matéria orgânica, gesso ou pirita que é muito rica em montmorilonita (>80%). Pertence à classe das esmectitas, onde possui camadas 2:1. Sua célula unitária única consiste em uma folha octaédrica de alumínio imprensada entre duas folhas tetraédricas de sílica (Figura 1) (BORAH; NATH; SAIKIA, 2022).

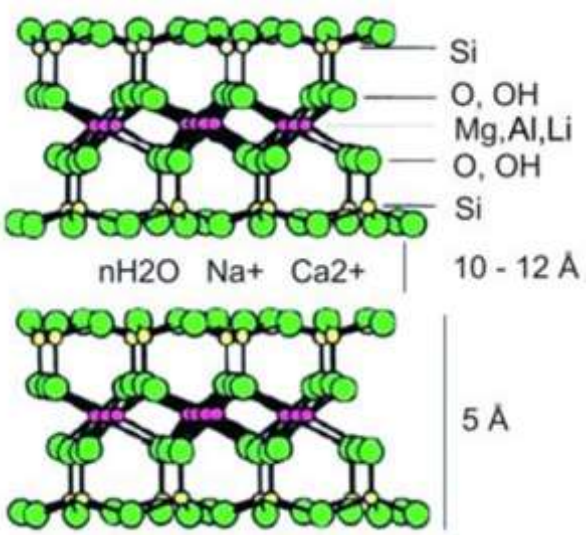


Figura 1. Representação esquemática da estrutura da montmorilonita. Fonte: https://www.esantafe.com.br/aporofo.html

A montmorilonita possui alta capacidade de troca catiônica, e boas propriedades de intumescimento, o que faz com que permita seja preparada de diversas formas cataliticamente ativas, como por exemplo, contendo cátions ácidos, complexos metálicos, cátions fotocatalíticamente ativos etc. (VARMA, 2002).

As argilas são nanopartículas com estruturas em camadas. Essas camadas possuem carga líquida negativa que é neutralizada por cátions como Na^+, K^+, Ca^{2+}, etc., que acabam ocupando o espaço intermelar. Essa característica faz com que esses cátions intermelares possam ser facilmente substituídos por outros cátions ou outras moléculas. Isso proporciona uma grande margem para alteração das propriedades das argilas como acidez, tamanho dos poros, área superficial, polaridade e outras características que governam o seu desempenho como catalisadores (NAGENDRAPPA, 2011).

Quando os cátions em folhas tetraédricas e octaédricas são isomorficamente substituídos por cátions de baixa valência, a estrutura da camada acaba desenvolvendo em sua superfície uma carga negativa permanente. No caso da montmorilonita, essa carga negativa surge por meio da substituição do Al^{3+} octaédrico por Mg^{2+} e é equilibrada por cátions de metais alcalinos (Na^+) e metais alcalino-terrosos hidratados (Mg^{2+} ou Ca^{2+}) onde ocupam o espaço interlamelar. Esses cátions na camada intermediária podem ser facilmente permutados com diversas entidades químicas, como complexos metálicos, nanopartículas (NPs) metálicas e organocatalisadores, a fim de obter vários catalisadores modificados (Figura 2).

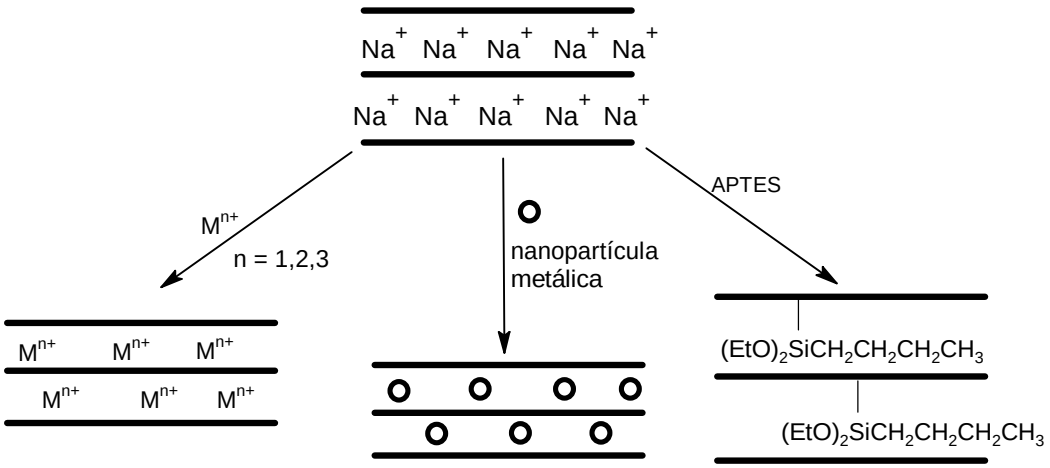


Figura 2. Representação esquemática da modificação da argila com cátions metálicos, NPs metálicos e compostos de silício. Adaptado de: KUMAR *et al*. 2014

Por ser uma matéria prima verde, atóxica, e de baixo custo, o tratamento adicional da argila bentonita bruta pode modificar a estrutura da argila e aumentar as propriedades texturais necessárias, tornando-a um material valioso para aplicações catalíticas e adsorventes (GANDHI, BANDYOPADHYAY; SONI, 2022).

Essas modificações de propriedades e transformações estruturais podem ser realizadas utilizando diferentes métodos, como ativação química, mecanoquímica, intercalação, ativação termoquímica etc. (WANG *et al*., 2013). Além dos métodos citados, também há outros métodos avançados encontrados na literatura, como irradiação ultrassônica e irradiação de microondas para aprimoramento estrutural (MEKHAMER, 2010; FOLETTO *et al*., 2013; SURENDRA *et al*., 2017; GANDHI; BANDYOPADHYAY; SONI, 2022).

O tratamento ácido da argila acaba criando locais mais ácidos, juntamente com maiores áreas de superfície em comparação com a argila pura, mostrando-se assim, ser promissor para aplicação como catalisador. A maior ênfase na catálise verde torna a argila bentonita ativada por um ácido, uma candidata potencial para aplicações ecologicamente corretas. Tem-se que catalisadores de design à base de argila bentoníticas ativados por ácido e com troca iônica são adequados para síntese orgânica (GANDHI; BANDYOPADHYAY; SONI, 2022).

No presente trabalho, pretende-se apresentar uma revisão narrativa da literatura sobre a potencialidade das argilas bentoníticas quanto à sua capacidade catalítica em algumas reações orgânicas.

Para a busca e seleção de trabalhos científicos acerca da bentonita e sua aplicação catalítica descritas na literatura, foram utilizadas diversas bases de documentos científicos, tais como Portal de periódicos Capes, *Royal Society of Chemistry*, *Applied Clay Science*, *Science Direct*, procurando por palavras-chave como *bentonite catalyst; modified bentonite, bentonite* juntamente à reação de interesse, *bentonite acylation*, *bentonite esterification, bentonite hydrogenation, bentonite alkylation, bentonite cyclization.* Os critérios de inclusão foram artigos relatando reações orgânicas catalisadas por argila bentoníticas, modificada com metais e/ou ativadas com ácido/base, sendo a maioria, preferencialmente datadas entre 2015-2024.

ALGUNS TIPOS DE REAÇÕES ORGÂNICAS CATALISADAS POR BENTONITA

ESTERIFICAÇÃO

Com a grande demanda por combustíveis fósseis não renováveis e o aumento correspondente no preço do óleo diesel, diversos pesquisadores buscam uma estratégia para ampliar o desenvolvimento de combustíveis alternativos ao petróleo. O biodiesel é uma das alternativas para a substituição do diesel de petróleo, é composto por ésteres alquílicos de ácidos graxos e é produzido a partir da transesterificação de triglicerídeos (Figura 3) ou da esterificação de ácidos graxos livres com álcoois de cadeia curta na presença de um catalisador para produzir ésteres alquílicos de ácidos graxos (biodiesel) e glicerol (MA & HANNA, 1999).

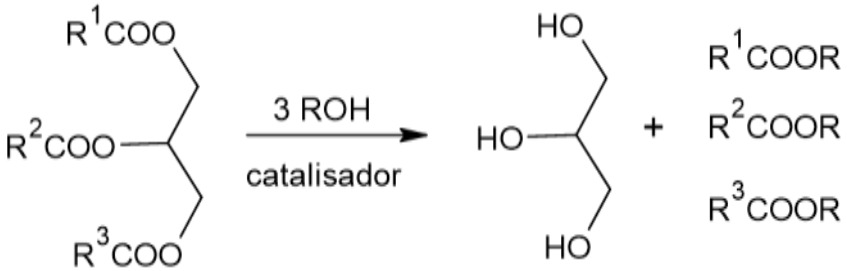


Figura 3. Transesterificação de triglicerídeos com álcool. Adaptado de: MA; HANNA (1999).

No trabalho de TANGESTANIFARD & GHAZIASKAR (2017), foi realizado um estudo visando a utilização da bentonita funcionalizada com ácido arenossulfônico como catalisador, para a produção de monoacetina, diacetina e triacetina, utilizando glicerol e ácido acético, onde o solvente da reação foi o tolueno (Figura 4). Ao utilizar estes compostos, determinou-se as melhores condições para a presente reação com ácido acético, que foram uma proporção molar de ácido acético:glicerol:tolueno de 7:1:1,4, a 100°C e 0,074% em peso de catalisador (baseado no peso total de glicerol). Com estas condições de reação, em 0,5 h, 96% da conversão do glicerol foi alcançada. A seletividade máxima de

66% e 74% foi alcançada para a diacetina e triacetina, após 0,5 e 3 horas de reação, respectivamente, sem haver a formação de qualquer subproduto.

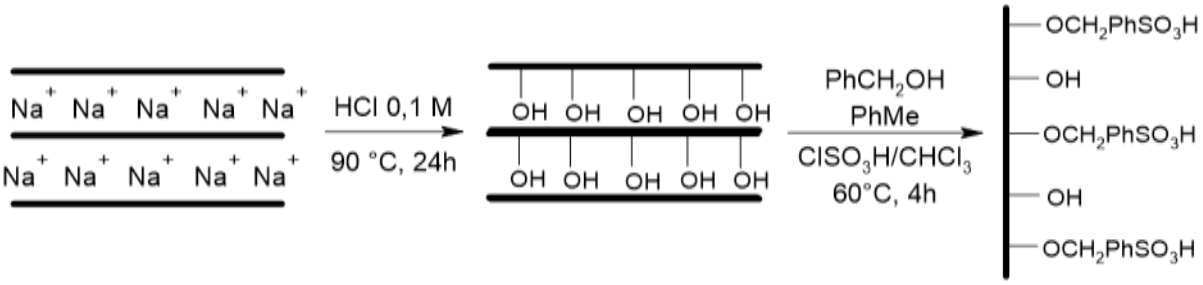


Figura 4. Síntese de bentonita funcionalizada com ácido arenosulfônico como catalisador. Adaptado de: TANGESTANIFARD & GHAZIASKAR (2017).

COSTA & LIMA (2021) realizaram um estudo onde se utilizou uma bentonita brasileira tratada com fluoreto de potássio (KF) como catalisador. A reação utilizada foi a de transesterificação, onde levou-se em consideração a temperatura de reação, tipo de catalisador, tempo de reação e concentração. A caracterização da argila indica que a mesma é rica em montmorilonita e caulinita, e a caracterização do catalisador nos diz que a bentonita tratada com KF aumenta a alcalinidade e melhora a reação de transesterificação. Os resultados dos testes de transesterificação mostraram que a temperatura de reação de 120°C e utilizando de 6% (m/m) de catalisador, a conversão do óleo de algodão em ésteres é de 95% com atividade catalítica de 4,0 g/gh, sendo considerado alto para este sistema.

Nota-se que em ambos os trabalhos, as condições ótimas de reação são parecidas, onde a temperatura utilizada é baixa (100 e 120 °C) e a porcentagem da conversão foram muito parecidas (96 e 95%). Logo, a bentonita, mesmo sendo tratada com diferentes compostos, no caso, com ácido arenosulfônico, no trabalho de TANGESTANIFARD & GHAZIASKAR (2017) e com fluoreto de potássio, no trabalho de COSTA & LIMA (2021) demonstra alta atividade catalítica, e vantagens como menor dispêndio energético.

Visando a utilização da argila bentonita pilarizada, RINALDI *et al*. (2023) desenvolveram um trabalho em que, para realizar o processo de pilarização, utilizou a sonicação, a fim de determinar seu efeito no processo, visando um menor tempo de envelhecimento. Com isso, foi preparado um catalisador ácido pelo método de pilarização, com e sem sonicação. Os metais utilizados como pilares foram zircônio e titânio.

No processo de pilarização da bentonita utilizando sonicação, RINALDI *et al*. (2023) variaram a amplitude da sonda ultrassônica em 30, 50 e 70% com um tempo de sonicação de 20 min, respectivamente. Os catalisadores ácidos sólidos preparados tiveram sua atividade catalítica testada na reação de esterificação do ácido oleico em oleato de metila.

RINALDI *et al*. (2023) utilizaram diversas técnicas de caracterização, para que pudesse obter informações sobre as propriedades físico-químicas, como N_2, XRD, NH_3-TPD, XRF e SEM. A conversão da reação de esterificação foi verificada calculando o índice de acidez e análise de CG-MS.

Segundo RINALDI *et al*. (2023), área superficial aumentou após o processo de pilarização para os catalisadores Ti-PILC e Zr-PILC, com/sem sonicação. Os resultados de DRX confirmaram que o espaço basal mudou após a pilarização para ambos os catalisadores preparados. Os autores propuseram que a pilarização foi preparada com sucesso utilizando a sonicação.

Além disso, RINALDI *et al*. (2023) observaram que a área superficial dos catalisadores Zr-PILC foi significativamente aumentada quando se utilizou sonicação, no entanto, não se observou para o catalisador de Ti-PILC.

Os resultados obtidos pelos autores, da adsorção de gás N_2 revelaram que os efeitos da sonicação aumentam extensivamente o volume dos poros. Bem como os resultados obtidos na análise NH_3-TPD, onde a acidez dos catalisadores preparados aumentou devido à sonicação. Assim, a conversão da reação de esterificação do ácido oleico também aumentou.

Portanto, a conversão da reação de esterificação do ácido oleico também aumentou. O valor máximo de conversão de ácido oleico obtido neste estudo por RINALDI *et al*. (2023) foi de 62,66% para o catalisador ácido sólido Ti/PILC, com amplitude de 70%. Com isso, concluiu-se que o uso da sonicação no processo de pilarização da bentonita pode reduzir drasticamente o tempo de pilarização e fazer com que o material preparado se tornasse mais poroso.

No trabalho desenvolvido por ALI *et al*. (2018), um catalisador de bentonita, tratada com NaOH (NaOH-bentonita), impregnada com óxido de grafeno (GO) foi utilizado como novo catalisador heterogêneo bifuncional para produção de ácido metílico de ácidos graxos a partir de óleos de baixa qualidade com teor de ácidos graxos livres. O catalisador foi desenvolvido e caracterizado por análise termogravimétrica (TGA), difração de raios X (XRD), espectroscopia de fotoelétrons (XPS), espectroscopia Raman, microscopia eletrônica de varredura por emissão de campo (FESEM), medição

de adsorção de N_2 para obtenção da área superficial (BET) e dessorção em temperatura programada (TPD NH_3 e CO_2).

ALI *et al*. (2018) estudaram a otimização da reação em relação ao tempo, temperatura, razão metanol/óleo e quantidade de catalisador. Todos os experimentos foram realizados em uma proporção otimizada de GO para NaOH-bentonita de 1:20.

Segundo ALI *et al*. (2018), o catalisador GO-NaOH-Bentonita exibiu um excelente desempenho catalítico, e resultou em 89,5% em peso de conversão de ácidos graxos livres e 98,5% em peso de rendimento total de biodiesel após 4,5 horas de tempo de reação com 6% de catalisador em peso, temperatura de reação de 62°C e proporção de metanol para óleo de 6:1.

Os resultados obtidos por ALI *et al*. (2018) mostraram que a presença de Na_2O melhorou os locais básicos de baixa resistência do catalisador a 150–200 °C, que desempenhou um papel fundamental na transesterificação do óleo de colza. Verificou-se também que a presença de GO na NaOH-bentonita aumentou a força ácida geral do catalisador compósito, fornecendo mais sítios ácidos de Brønsted. Tem-se que a natureza ácido-base da GO-NaOH-bentonita melhorou a acessibilidade do metanol ao óleo e ao AGL com o aumento do tamanho dos poros do catalisador compósito.

HIDROGENAÇÃO

A indústria de poliuretano tem como uma das principais matéria-prima o tolueno diamina (TDA), sendo assim, sua produção é de grande interesse. O TDA é obtido por meio da hidrogenação catalítica do 2,4-dinitrotolueno (2,4-DNT) (HATVANI-NAGY *et al*., 2024).

No estudo desenvolvido por HATVANI-NAGY *et al*. (2024), a reação de hidrogenação foi realizada pela decomposição de nanopartícula de ferrita de cobalto em uma superfície natural de nanocompósitos de óxido de argila (bentonita) utilizando um método solvotérmico assistido por micro-ondas. Uma de suas propriedades consideradas vantajosas, citada no trabalho, foi a facilidade em ser separado devido à suas propriedades magnéticas num suporte mineral natural amplamente disponível e obtido através de métodos de baixa pegada de carbono e energia. O catalisador demonstrou excelente desempenho com uma taxa de conversão de 2,4-DNT superior a 99%, juntamente com altos rendimentos e seletividade em relação ao 2,4-TDA e tudo isso foi alcançado em um pequeno tempo de reação.

Além disso, o catalisador apresentou excelente estabilidade, que foi atribuída à forte interação entre o metal cataliticamente ativo e seu suporte. Outra propriedade que se destacou, foi que a bentonita pode ser reutilizada em outros ciclos de reação. Mesmo após quatro ciclos de reutilização, a atividade

catalítica permaneceu inalterada e o teor de paládio do catalisador não foi modificado, indicando que o paládio permaneceu firmemente ligado à superfície do suporte magnético.

Tem-se que a baixa estabilidade oxidativa do biodiesel de primeira geração é um dos desafios mais importantes a serem superados na tecnologia do biodiesel. Pensando nisso, ZHU *et al*. (2021) utilizaram um catalisador de níquel/bentonita para a reação de hidrogenação parcial do biodiesel de óleo de *Jatropha*, visando a melhora da estabilidade oxidativa do biodiesel.

Os principais parâmetros de reação foram otimizados, como temperatura de reação (200°C), dosagem de catalisador (3,33% em peso), pressão de reação (0,3 MPa), taxa de agitação (400 rpm) e o tempo de reação (60 min). A taxa de conversão de massa de linoleato de metila (C18:2) foi de até 75% nas condições otimizadas de hidrogenação, e para o biodiesel hidrogenado, os teores de linoleato de metila (C18:2), oleato de *cis*-metil (c-C18:1), oleato de *trans*-metil (t-C18:1) e estearato de metila (C18:0) foram de 7,64, 42,7, 24,06 e 14,67% em peso, respectivamente.

Após a hidrogenação parcial, a estabilidade oxidativa do biodiesel hidrogenado aumentou significativamente de 6,5 h de alimentação com biodiesel de óleo de *Jatropha* para 18,0 h. O catalisador níquel/bentonita foi recuperado e reutilizado por cinco ciclos consecutivos, sem que houvesse perda significativa em sua atividade catalítica. Assim, por meio da hidrogenação parcial, a estabilidade oxidativa do biodiesel poderia ser significativamente fornecida usando o catalisador de níquel/bentonita (ZHU *et al*., 2021).

A anilina é um composto orgânico muito utilizado em diversos campos industriais, como produtos químicos de borracha, corantes, pigmentos orgânicos, poliuretanos, produtos farmacêuticos e pesticidas. Nos últimos anos, nos campos de poliuretano e borracha, houve uma maior demanda de anilina, que é utilizada como matéria-prima e aditivo. A anilina é fabricada pela hidrogenação do nitrobenzeno, onde é geralmente utilizado catalisadores de metais preciosos, à base níquel e de liga amorfa (SU *et al*., 2020).

Com isso, SU *et al*. (2020) prepararam um catalisador de liga amorfa de Ni-P modificado com Ba/bentonita ácida (Ni-P A/B) através da reação de hidrogenação de nitrobenzeno em anilina na fase líquida. Os resultados obtidos pelo MEV e H_2-TPD mostraram que adição de bário aumentou a dispersão do níquel no suporte e formou ainda mais centros ativos de Ni.

Os resultados da caracterização XPS mostraram que o Ba forneceu elétrons ao Ni e aumentou a densidade da nuvem de elétrons em torno do Ni, o que acabou aumentando a atividade catalítica do

catalisador. Quando o teor molar de Ba era de 3%, a atividade do Ni-P A/B modificado com Ba foi melhor. As condições ótimas de reação foram: 105°C, sob pressão de 1,4 MPa, e o tempo de reação foi de 3,0 h. Nestas condições, a conversão foi de 99,0% e a seletividade da anilina foi de 98,9%. O Ni-P A/B modificado com 3% de Ba pôde ser reutilizado 10 vezes sem haver diminuição na conversão e seletividade e apresentou melhor estabilidade que o Ni-P A/B.

ALQUILAÇÃO

Métodos sintéticos eficientes e de alto rendimento são muito procurados para a produção contínua ideal de produtos químicos finos. Sínteses de fluxo contínuo, especialmente utilizando reatores de leito empacotado, oferecem métodos verdes e sustentáveis que produzem materiais desejados como produtos únicos e o desenvolvimento de catalisadores heterogêneos altamente ativos e duráveis é uma tarefa importante nesta área de pesquisa (MASUDA *et al*., 2021).

MASUDA *et al*. (2021) realizaram alquilações de Friedel-Crafts com álcoois sob condições de fluxo contínuo, utilizando catalisadores heterogêneos. A investigação sistemática de catalisadores sob condições de fluxo contínuo mostrou diferenças no quesito durabilidade e atividade, e identificou a argila montmorilonita ativada como melhor catalisador para essas reações. Onde, ao ser inserida à reação com o álcool p-clorobenzílico, houve um rendimento de 93%. A reação foi realizada durante 168 h, a 120°C, em uma coluna de vidro, com vazão de 0,1 mL min^{-1}.

A principal rota sintética utilizada para a obtenção de alquilbenzenos lineares, é a alquilação do benzeno com olefinas lineares de cadeia longa (Figura 5), onde, após sulfonação por trióxido de enxofre, são utilizados na formulação de detergentes aniônicos. GHADIRI & SHAMS, (2023), em seu trabalho, utilizaram a bentonita ativada por ácido sulfúrico, argila bentonita com pilar de alumina e argila bentonita ativada por ácido sulfúrico com pilar de alumina. Estes catalisadores foram utilizados na transalquilação de alquilbenzenos pesados (HABs) com benzeno para produzir monoalquilbenzenos.

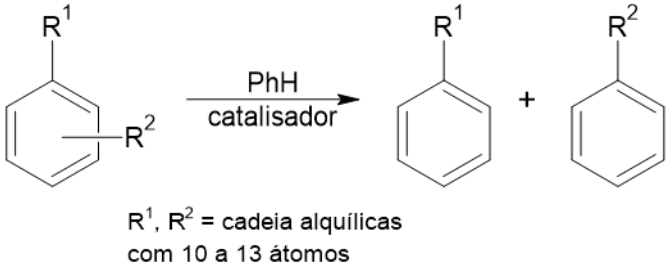


Figura 5. Reação de transalquilação. Adaptado de GHADIRI & SHAMS, (2023).

O tratamento foi realizado com ácido sulfúrico a 3,5 mol L^{-1}, a 80°C com agitação constante durante 2h. A argila ativada foi separada por centrifugação, lavada com água destilada e seca a 110°C por 4h. A bentonita ativada por ácido foi designada como A-B (GHADIRI & SHAMS, 2023).

A pilarização das argilas bentoníticas (bentonita bruta e bentonita A-B) foi preparada com a adição lenta de uma solução hidroxi-oligomérica de alumínio à temperatura ambiente às suspensões aquosas, contendo 1% em peso da argila bruta e a ativada por ácido. Essa mistura foi agitada durante 24 h, centrifugada e lavada abundantemente com água deionizada, depois seca a 110°C por 4 horas e calcinada a 300°C por mais 4 horas. As amostras pilarizadas brutas e ativadas por ácido foram designadas como P-B e A-P-B, respectivamente (GHADIRI & SHAMS, 2023).

GHADIRI & SHAMS, (2023) notaram, ao realizar a caracterização dos catalisadores que, durante a ativação ácida, a quantidade de Al^{3+}, Fe^{3+} e Mg^{2+} diminuiu significativamente, isso devido à dissolução dos cátions octaédricos, enquanto o silício, presente nas folhas tetraédricas, permaneceu na estrutura. Durante a pilarização, o teor de alumínio das amostras pilarizadas aumentou, indicando que os íons Al_{13}^{7+} (pilares) são incorporados aos espaços intermacadas das amostras P-B e A-P-B.

A argila bentonita era composta predominantemente por montmorilonita, juntamente com quartzo, calcita e ortoclásio como impurezas. A amostra A-B (ativada por ácido) foi analisada por DRX, onde GHADIRI & SHAMS, (2023) observaram que houve o desaparecimento de impurezas, como a calcita, e a cristalinidade da argila foi preservada.

Os autores, GHADIRI & SHAMS, (2023) mediante técnicas de quantificação, determinaram a acidez total da bentonita, A-B, P-B e A-P-B, que foi de 37, 188, 260 e 298 µmol NH_3/g de argila. Pelo tratamento ácido, os cátions trocáveis são substituídos por prótons e como resultado a acidez aumenta. Ao carregar sais de ácidos de Lewis, como Al^{3+}, o número de sítios ácidos também aumenta.

A atividade dos catalisadores foi testada pela transalquilação de HAB com benzeno a 175-250°C com uma porção em peso de benzeno para HAB de 4-16 e 0,5-3 porcentagem em peso (% em peso) de catalisador (GHADIRI; SHAMS, 2023).

GHADIRI & SHAMS, (2023) mostraram que o catalisador de bentonita bruto não apresentou essencialmente nenhuma atividade catalítica. A atividade de A-P-B (aproximadamente 70%) é maior do que as outras amostras de catalisador, porque continha a maior área superficial específica e a maior acidez e confirmando o papel dos sítios ácidos nas reações de transalquilação. O catalisador A-P-B

demonstrou maior seletividade, que pode ser atribuída ao menor diâmetro médio dos poros do catalisador (9,8 nm).

Foi observado que com o aumento da proporção em peso de benzeno para HAB, a conversão de HAB e a seletividade de monoalquilbenzenos (MAB) aumentaram. As condições ótimas de reação de transalquilação catalítica de HABs foram de 225°C, 2% em peso de catalisador e tempo reacional de 3h (GHADIRI; SHAMS, 2023).

ZHONG *et al*. (2024) realizaram em seu trabalho, a utilização de bentonita tratada com ácido sulfúrico na alquilação de difenilamina (DPA), que é muito utilizada como antioxidante, gerando produtos como mono-nonildifenilamina (MNDPA), dinonil-difenilamina (DNDPA) a partir da reação com o 1-noneno (Figura 6). O tratamento ácido foi realizado a 80°Cm durante 3h, sendo agitado a 500 rpm. Após esta ativação, a bentonita foi filtrada e lavada com água deionizada de 1 a 7 vezes. Por fim, a amostra tratada foi seca a 120°C por 24 h e calcinada a 550°C por 3 horas, O catalisador foi rotulado como ACx, onde "x" representa o número de lavagens.

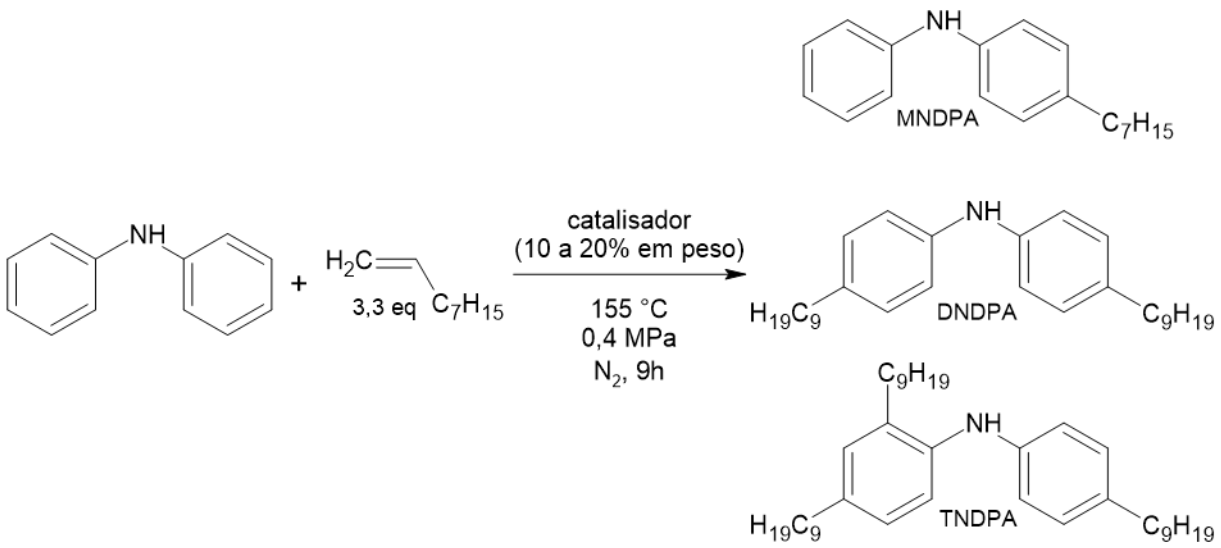


Figura 6. Reação de alquilação de DPA e 1-noneno. Adaptado de: ZHONG *et al*. (2024).

Segundo resultados obtidos por ZHONG *et al*. (2024), a maior conversão da DPA (92%) e os rendimentos de DNDPA (27%) e MNDPA (65%) foram obtidos para a bentonita. A bentonita bruta mesoestruturada apresenta melhor atividade catalítica, o que sugere que a bentonita é mais adequada e tem potencial para catalisar a alquilação de difenilamina e 1-noneno. Pode-se deduzir que a atividade dos catalisadores é decidida principalmente pelo tamanho dos poros dos catalisadores e pelo tamanho relativo do reagente e do produto (ZHONG *et al*., 2024).

Na exploração de maior atividade e seletividade do DNDPA na reação, ZHONG *et al*. (2024) descobriram que existe uma conexão interessante entre a atividade catalítica e o número de lavagens. Onde, com o aumento do tempo de lavagem, a conversão de DNDPA aumentou rapidamente. E a melhor atividade catalítica foi alcançada pelo AC_7 (51%), enquanto o AC9 apresentou menor conversão de DPA (90%).

Ao caracterizar a bentonita pela adsorção-dessorção de N_2, notou-se que a argila bentonita indicou que esta possui maior volume e tamanho de mesoporos em relação à zeólitas. Assim, a bentonita bruta é mais vantajosa e inclusiva para a formação dos produtos alvo (ZHONG *et al*., 2024).

As amostras AC2-AC9 exibiram maior adsorção de nitrogênio do que a bentonita bruta, indicando assim, que o tratamento ácido e a subsequente lavagem aumentam o volume de poros das amostras (ZHONG *et al*., 2024).

ZHONG *et al*. (2024) verificaram que, com o aumento das lavagens, a área superficial específica e o volume de poros dos catalisadores apresentaram uma tendência crescente, o que é mais propício à transferência de massa e acessibilidade dos reagentes. Além disso, as estruturas porosas dos catalisadores mesoestruturados melhoraram a acessibilidade aos sítios ativos localizados nas paredes da estrutura. Esta acessibilidade melhorada permite um transporte mais eficiente de reagentes para os centros de reação da estrutura, obtendo-se assim o aumento na taxa de conversão do DPA e na seletividade do DNDPA.

A quantidade de ácido superficial foi determinada via Piridina-IR, com a piridina servindo como molécula sonda. ZHONG *et al*. (2024) notaram que a bentonita bruta exibiu acidez de Lewis e Brønsted relativamente baixa, enquanto os catalisadores AC1-7 após tratamento ácido, apresentou ácidos de Brønsted e Lewis. A argila ativada, por apresentar maior intensidade de pico de ácido de Lewis e Brønsted em comparação com a bentonita bruta, teve sua característica atribuída a possibilidade de, após o tratamento ácido, algumas impurezas minerais haviam sido removidas, e o H^+ foi trocado por cátions, como Ca^+ e Mg^{2+}, que conferem à argila ativada maior acidez, maior área superficial e porosidade.

ZHONG *et al*. (2024), então, concluíram que a maior atividade catalítica exibida por AC7 havia correspondido a acidez relativamente baixa de Brønsted e Lewis. Ao considerar a maior atividade e seletividade alcançada pelo AC7, pode-se especular que, quando a acidez dos catalisadores atinge um determinado nível, a estrutura dos poros dos catalisadores desempenha um papel decisivo no desempenho catalítico.

A fim de explorar o efeito da reciclagem e regeneração dos catalisadores, ZHONG *et al*. (2024) estudaram o desempenho catalítico, as isotermas de adsorção e dessorção de N_2 e os padrões de DRX de uso repetido de catalisadores. Onde as reações foram conduzidas sob as seguintes condições: uma proporção molar de DPA:noneno de 1:3,3, uma carga de 10% em peso de catalisador AC7 e a temperatura de reação de 155°C. A atividade catalítica do AC7 após reutilização três vezes e regeneração foi testada.

ZHONG *et al*. (2024) observaram que a conversão de DPA diminuiu para 73%, 42% e 25%, e a seletividade do DNDPA diminuiu para 9,8%, 2,1% e 1% para o primeiro, segundo e terceiro uso do catalisador, respectivamente. Assim, descobriu-se que a desativação do catalisador se manifestou durante a reação. Apesar da atividade catalítica do AC7(3)-R (41%) (catalisador regenerado) ter diminuído em comparação à amostra fresca AC7 (51%), a conversão de DPA e o rendimento de DNDPA foram restaurados a um nível significativo após a regeneração, indicando que a regeneração através da calcinação é eficaz.

De acordo com as isotermas de adsorção e dessorção de N_2, ZHONG *et al*. (2024) notaram que após a amostra AC7 (3) ser reutilizada duas vezes, exibiu as isotermas mais baixas e o loop de histerese mais estreito, assim, demonstrando que possui área superficial específica mínima. Enquanto, para as isotermas da amostra AC7(3)-R indicaram que a área superficial especifica e o volume de poros foram parcialmente restaurados, 87% e 99% respectivamente, em comparação com catalisadores frescos.

Assim ZHONG *et al*. (2024) deduziram que a diminuição do volume dos poros e da área superficial dos catalisadores foi devido à deposição de coque, que bloqueou o canal e causou a restrição da difusão dos intermediários. Com isso, a formação e deposição de coque foi considerada um dos principais fatores que afetam a atividade catalítica, e a calcinação pode restaurar a área superficial mais específica e o volume de poros através da queima do coque.

Ao analisar os padrões de DRX, ZHONG *et al*. (2024) verificaram que, durante o processo de reutilização, a intensidade do pico e o espaçamento basal dos catalisadores utilizados reduziram pouco a pouco. Isso foi associado à perda de cristalinidade e estrutura microporosa durante a alquilação. Além disso, os catalisadores acabaram exibindo espaçamento basal muito menor em comparação aos catalisadores frescos, assim, deduziu-se que houve um colapso parcial da estrutura após a calcinação.

LIU *et al*. (2014) realizaram a modificação da bentonita com $ZnBr_2$ para a utilização como catalisadora na remoção de vestígios de olefinas.

A modificação da bentonita foi realizada por meio de um método de amassamento, que ocorreu da seguinte forma: adicionaram, em um béquer, 15 mL de CCl_4, onde a mistura foi agitada durante 1 h, depois, foram adicionados 10 g de bentonita a esta mistura. Para formular a pasta cilíndrica com um diâmetro externo de 2 mm, utilizou-se uma extrusora. O catalisador foi seco por 2 horas a 100 °C em um forno e depois calcinado ao ar a 350 °C por 4 horas. Finalmente, o catalisador foi triturado e peneirado. As partículas de malha 20-40 foram utilizadas para o teste de atividade catalítica LIU *et al*. (2014).

LIU *et al*. (2014) realizaram análises de caracterização, onde, na análise morfológica, viu que o $ZnBr_2$ estava em sua forma amorfa e intercalado na camada de bentonita.

Ao realizar os testes de atividade catalítica, onde utilizou-se o $ZnBr_2$: reagente analítico (AR) e reagente industrial (IR), que foram utilizados como componente ativo do catalisador, respectivamente. Os testes de atividade catalítica mostraram que a atividade de alquilação destes dois catalisadores eram praticamente a mesma. Isso porque o suporte do catalisador é uma substância complexa, que contém Al_2SO_3, SiO_2, CaO, MgO, Fe_2O_3, K_2O, Na_2O, e uma pequena quantidade de impurezas do $ZnBr_2$ não altera significativamente a composição do catalisador. Assim, LIU *et al*. (2014) observaram que a pureza do $ZnBr_2$ não foi um fator importante para a atividade catalítica e o desempenho da $ZnBr_2$-bentonita melhorou com o aumento de $ZnBr_2$.

LIU *et al*. (2014) notaram que os espectros de FTIR adsorvidos com piridina, indicaram que a quantidade de ácido de Brønsted e de Lewis foi melhorada para 2 a 5 vezes, respectivamente. A análise térmica demonstrou que a estabilidade térmica da bentonita-$ZnBr_2$ poderia atingir 350°C.

A pesquisa do mecanismo, realizada por LIU *et al*. (2014), os levaram à hipótese de que o processo da reação de alquilação é separado em duas partes. Onde, na primeira parte, a posição ativa são os sítios ácidos de Brønsted. Enquanto na segunda parte, os sítios ácidos de Lewis e ácido de Brønsted atuam como posições ativas.

Ao realizar o teste industrial, LIU *et al*. (2014) notaram que a capacidade da bentonita-$ZnBr_2$ de remover olefinas é 17 vezes maior que a da bentonita, e o componente do produto não mudou significativamente. Assim, a perspectiva industrial, segundo os autores, é boa.

Visando a produção seletiva de alquilbenzeno linear, FAGHIHIAN & MOHAMMADI (2013), utilizaram como catalisador a bentonita pilarizada ativada por ácido na reação de alquilação do benzeno com 1-deceno.

A bentonita sódica foi preparada por FAGHIHIAN & MOHAMMADI (2013) da seguinte forma: duas amostras diferentes ativadas por ácido foram preparadas, tratando a bentonita com ácido sulfúrico 2 mol L^{-1} e 4 mol L^{-1}. Adicionaram 30 gramas de bentonita, que foram agitados com 175 mL de H_2SO_4 a 80°C por 2h. A pasta obtida foi resfriada em temperatura ambiente, centrifugada e lavada com água destilada. As amostras foram denominadas como H-C e H2-C, respectivamente. As amostras tratadas foram pilarizadas com uma solução hidroxila-oligomérica de alumínio. O produto final foi seco a 110°C antes da calcinação a 300°C. Duas amostras com pilares de alumina foram preparadas intercalando o íon Keggin $[(Al_{13}O_4(OH)_{24}(H_2O)_{12})]^{7+}$ na estrutura dos materiais ativados por ácido (H-C e H2-C) e foram designadas como H-Al-PILC e H2-Al-PILC respectivamente.

FAGHIHIAN & MOHAMMADI (2013) verificaram, mediante análises de caracterização que a ativação ácida das argilas antes da pilarização aumentou a porosidade, a área superficial total, o volume total de poros e a acidez superficial dos catalisadores.

As amostras ativadas por ácido não possuem microporos significativos, enquanto nas amostras pilarizadas ativadas por ácido, a quantidade de microporos foi aumentada. Segundo FAGHIHIAN & MOHAMMADI (2013), esta é a principal razão da maior área superficial da amostra, o que as tornam mais eficientes como catalisador.

Cátions compensadores e locais específicos nas bordas da camada são duas fontes de acidez da bentonita não tratada. FAGHIHIAN & MOHAMMADI (2013) notaram que após a ativação ácida, os prótons primeiro substituem os cátions trocáveis e depois atacam as camadas e acabam aumentando a acidez. O aumento do número de sítios ácidos também pode ser alcançado carregando sais de ácido de Lewis, como $AlCl_3$, nas amostras. O resultado da medição de TPD mostrou que a acidez total das amostras pilarizadas foi superior à das amostras ativadas por ácido.

As reações de alquilação podem ser acompanhadas por uma série de reações secundárias, como oligomerização da olefina e alquilação com monômero e oligômeros, dependendo das condições de reação, como razão molar de olefina para benzeno, temperatura, acidez do catalisador e seletividade de forma. a. Para aplicação industrial, a alta seletividade para o isômero linear 2 e 3-fenil são os principais alvos, pois este isômero produz detergentes com melhores propriedades de biodegradabilidade (FAGHIHIAN; MOHAMMADI, 2013).

A otimização das condições de reação foi realizada pelos autores FAGHIHIAN; MOHAMMADI (2013), onde variou-se a concentração do catalisador (0,20-1,75% em peso), a proporção de reagentes (benzeno para 1-deceno de 8,75, 12 e 15) e a temperatura (115-145°C) em um reator de lama.

Para discutir o efeito da razão molar na porcentagem de conversão, FAGHIHIAN & MOHAMMADI, (2013) consideraram dois parâmetros. Quando a razão molar é baixa (8,45:1), o parâmetro dominante é a área superficial do catalisador, assim, a conversão em H-C é maior que H2-C devido à sua maior área superficial. Da mesma forma, H-Al-PILC apresentou maior conversão de H2-Al-PILC.

FAGHIHIAN & MOHAMMADI (2013) observaram que, quando a razão molar aumentou (12:1 e 15:1), a acidez superficial total do catalisador tornou-se mais pronunciada na porcentagem de conversão. Portanto, a conversão por H2-C é maior que H-C. Como a acidez total de H-Al-PILC e H2-Al-PILC foi suficiente, foi observada uma conversão quase completa; reações colaterais não foram detectadas e foi observada seletividade completa para LAB (monoalquilados).

A seletividade para as reações foi explicada por FAGHIHIAN & MOHAMMADI (2013) baseada na capacidade que o catalisador possui de formar isômeros de fenildecano. A distribuição de isômeros encontrada para a reação catalisada pela amostra H2-Al-PILC mostrou moderadamente maior quantidade de 2- e 3-fenildecano (59,4%) em comparação com outros catalisadores na proporção molar de 12:1.

Há duas razões principais para as diferenças nas distribuições de produtos na alquilação do benzeno com 1-deceno: (i) a ocorrência de duas etapas de equilíbrio, uma para o 1-deceno e outro para o fenildecano, e (ii) as diferenças nas taxas das duas reações (isomerização do alquilbenzeno e da olefina). À medida que essas reações reversíveis acabam atingindo um estado de equilíbrio, o aumento da razão molar de benzeno para olefina leva ao aumento da conversão de 1-deceno (FAGHIHIAN; MOHAMMADI, 2013).

A melhoria na rede porosa, no volume total de poros, na área superficial específica total e na acidez total das amostras ativadas por ácido pilar pode ser a razão para a melhor seletividade para produtos de 2 e 3-fenildecano (FAGHIHIAN; MOHAMMADI, 2013).

Sob condições otimizadas, foram alcançadas mais de 98% de conversão de 1-deceno e seletividade completa para monoalquilbenzenos.

ACILAÇÃO

KURNIAWAN *et al*. (2021), em seu trabalho, realizaram a utilização da bentonita ativada impregnada com PdO (PdOAB) como catalisador heterogêneo na reação de acilação de Friedel-Crafts, onde o material catalisador PdOAB foi preparado através de uma reação de duas etapas, que consiste na ativação da bentonita natural e a impregnação do nitrato de paládio (II) em condições alcalinas.

Empregou-se este catalisador heterogêneo à síntese da acetofenona, havendo variação de tempo e massa do catalisador para determinar a condição ótima de síntese (Figura 7). Os derivados de acetofenona foram sintetizados com sucesso a partir de seus compostos aromáticos correspondentes com ácido acético glacial, havendo rendimento de 86,6%, 82,7% e 78,9%. Mediante os resultados experimentais, foi-se proposto que o mecanismo de catálise foi facilitado principalmente pelos sítios ácidos do material PdOAB. Notou-se que o material catalisador não perdeu significativamente sua atividade catalítica após processos de quatro ciclos.

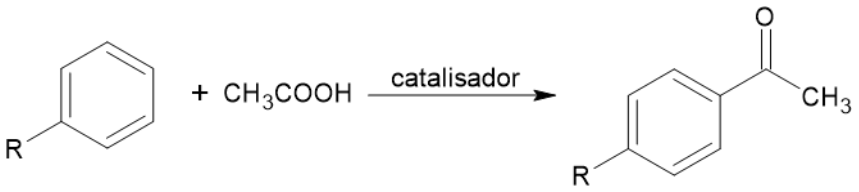


Figura 7. Síntese de derivados de acetofenona. Adaptado de: KURNIAWAN *et al*. (2021).

A acilação tipo Friedel-Crafts de compostos aromáticos em cetonas aromáticas é um dos métodos de síntese mais importantes utilizados em química orgânica. CAGLAR *et al*. (2015) realizaram, em seu trabalho, a benzoilação do benzeno com cloreto de benzoíla utilizando como catalisador a argila bentonita pilarizada com alumínio e ferro.

O catalisador, para ser preparado, teve de passar por uma primeira etapa, onde a bentonita bruta foi seca a 105°C, e misturada a uma solução de NaCl 0,1 M em temperatura ambiente durante 1 dia. Os produtos (Na-B) foram lavados com água deionizada, que posteriormente foi seco a 105°C e moídos (CAGLAR *et al*., 2015).

Para que ocorresse a pilarização, houve uma adição lenta de NaOH 0,2M a uma mistura de $Al(NO_3)_3$ e $Fe(NO_3)_3$ (Al/Fe= 9/1) 0,2 M. A solução de pilarização foi então envelhecida durante 12 dias à temperatura ambiente sob agitação constante para permitir a formação da polioxicação de alumínio com mistura de ferro. A solução é adicionada gota a gota em uma suspensão de 2% de Na-B. A suspensão foi envelhecida durante 7 dias a 40°C, depois foi filtrada e os sobrenadantes foram lavados. Findo, os produtos sólidos foram calcinados a 400°C por 4h e a amostra AlFe-PILC-B foi obtida (CAGLAR *et al*., 2015).

A reação ocorreu com uma mistura de cloreto de benzoíla (1 mmol, 116 µL) e benzeno (4 mL), CAGLAR *et al*. (2015) utilizaram 400 mg do catalisador. Esta mistura foi aquecida a 80°C e agitada durante 24 h. Ademais, a evaporação foi realizada sob pressão reduzida, onde os resíduos foram diluídos com $NaHCO_3$, extraídos com diclorometano e então o produto foi purificado em coluna de sílica gel.

A reação foi realizada com a bentonita bruta e AlFe-PILC-B, separadamente. Ao realizar o RMN de H^1, não vou a observação de formação da benzofenona para a bentonita bruta, enquanto a benzofenona foi obtida com rendimento de 46% no caso da utilização do AlFe-PILC-B. A quantidade de rendimento da benzofenona depende significativamente da concentração e da força dos ácidos de Lewis das amostras de bentonita.

Após análises de XRPD, CAGLAR *et al*. (2015) notaram que a pilarização causou uma expansão basal de 15,80 a 18,05 Å. Os pilares de Al e Fe no espaçamento da galeria intercalar aumentaram a estabilidade térmica da bentonita bruta. Notou-se que houve a formação de novos microporos. A formação de pilares de FeAl nas camadas de bentonita no AlFe-PILC aumentou fortemente, especialmente a acidez de Lewis, mas não tem nenhuma vantagem especial sobre a acidez de Brønsted.

CAGLAR *et al*. (2015) concluíram que a bentonita pilarizada com AlFe pode ser usado como um catalisador sólido para a acilação Friedel Crafts de hidrocarbonetos aromáticos.

CICLIZAÇÃO

O mentol, um álcool monoterpênico, é um dos compostos essenciais para as indústrias farmacêuticas e de aromatizantes, isso, por conta de seus efeitos refrescantes e fragrância mentolada. É produzido a partir de rotas naturais e sintéticas (AZKAAR *et al*., 2019).

Atualmente, vários grupos de pesquisa do mundo todo realizam a síntese do mentol em um único recipiente, a partir de citronelal através de catalisadores heterogêneos. Há duas etapas envolvidas nesta reação: ciclização do citronelal em isopulegol e hidrogenação deste último em mentol (Figura 8) (AZKAAR *et al*., 2019).

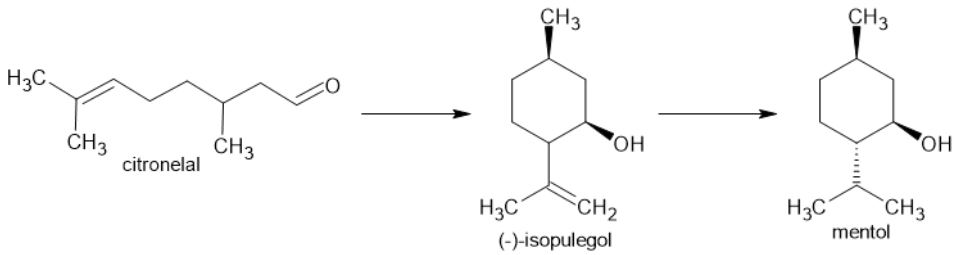


Figura 8. Esquema de reação para síntese em um único recipiente de mentol a partir de citronelal. Adaptado de: AZKAAR *et al*., 2019.

AZKAAR *et al*. (2019) realizaram a síntese do mentol a partir do citronelal, em um reator de leito gotejante, utilizando extrudados de rutênio/H-beta-300 sem aglutinante e extrudados de platina e

rutênio preparados a partir de 70% em peso de zeólita H-beta-25 e 30% de bentonita em peso, com deposição controlada do metal no zeólito ou no aglutinante.

Ao realizar os ensaios de caracterizações, foi revelado que o método de síntese do extrudado tem uma grande influência na acidez, dispersão metálica e distribuição do metal no extrudados. O catalisador, preparado carregando Pt em extrudados de H-beta-bentonita exibiu uma estrutura de casca de ovo e a maior acidez de Brønsted entre os extrudados de platina. Os extrudados de platina apresentaram melhor estabilidade com o tempo de fluxo em comparação aos extrudados de rutênio (AZKAAR *et al*., 2019).

O maior rendimento de mentol foi obtido com catalisadores levemente ácidos para extrudados de platina e rutênio no reator de leito gotejante, apresentando uma influência significativa na transferência de massa. Uma tendência análoga foi observada nos experimentos cinéticos realizados em um reator descontínuo. A hidrogenação foi mais acentuada para os catalisadores de platina do que para rutênio, possivelmente devido à sua alta capacidade de hidrogenação à 35°C (AZKAAR *et al*., 2019).

A estereosseletividade para mentóis variou no reator de leito gotejante na faixa de 37-73%, já no reator descontínuo, para catalisadores de rutênio e platina, estava na faixa de 70-71% independente da acidez do suporte (AZKAAR *et al*., 2019).

O melhor catalisador na forma de extrudados, que proporcionou o maior rendimento de mentol e uma baixa quantidade de produtos de hidrogenação acíclicos, foi a Ru-beta-bentonita, onde o rutênio estava localizado aleatoriamente na mistura de 70% de H-beta-25 e 30% de ligante de bentonita (AZKAAR *et al*., 2019).

No trabalho de AHER *et al*. (2021), foi sintetizado e incorporado o ácido tungstofosfórico substituído por molibdênio à base de Keggin, $H_3[PW_7Mo_5O_{40}].12H_2O$, com uma bentonita usando um método de impregnação por umidade. Este sistema catalítico muito ativo fornece uma estratégia verde para a síntese de derivados de 1,8-dioxo-octahidroxanteno e 1,8-dioxo-decahidroacriadina sob condições livres de solvente a 80°C com boa eficiência de massa de reação, rendimento efetivo e excelente economia atômica.

Com o intuito de testar a atividade catalítica, AHER *et al*. (2021) realizaram a síntese de xantenos substituídos, estudando as melhores condições reacionais. Observou-se que a bentonita bruta forneceu um rendimento moderado, mas a reação levou mais tempo para ocorrer, assim, aos

catalisadores que foram adicionados PW_7Mo_5, resultou em uma capacidade catalítica razoável e menor tempo de reação. O catalisador PW_7Mo_5/bentonita 20% apresentou melhora no tempo de reação e rendimento em comparação ao catalisador PW_7Mo_5 bruto, bem como 10%, 15% e 25%. Além disso, notou-se que, ao aumentar a quantidade de catalisador, não afeta o tempo de reação e o rendimento do produto.

O PW_7Mo_5/bentonita a 20% foi considerado o catalisador mais ativo, estável e reutilizável. Onde a acidez superficial, bem como a atividade catalítica, aumentou acentuadamente após a impregnação de $H_3[PW_7Mo_5O_{40}].12H_2O$ com argila bentoníticas. Além disso, o catalisador PW_7Mo_5/bentonita pode ser convenientemente recuperado e reutilizado inúmeras vezes sem demonstrar uma perda significativa de atividade (AHER *et al*., 2021).

ALAVINIA *et al*. (2023) conseguiram sintetizar 1,4-di-hidropirano [2, 3-c] pirazol, com 98% de rendimento em 10 minutos. Em seu trabalho, foi realizada a preparação de um nanocatalisador de $MgFe_2O_4$-bentonita com a poli(guanidina-sulfonamida) (PGSA) imobilizada na superfície do suporte preparado ($MgFe_2O_4$-bentonita-PGSA), ademais, realizou-se a ancoragem de íons cobre na superfície $MgFe_2O_4$-bentonita-PGSA/Cu.

Ao realizar o estudo de otimização, ALAVINIA *et al*. (2023) observaram que o melhor solvente seria a água, onde o rendimento foi de 98%, enquanto ao utilizar DMF e etanol como solvente, houve diminuição do rendimento (80-90% respectivamente).

ALAVINIA *et al*. (2023) atribuíram este desempenho catalítico superior de $MgFe_2O_4$-bentonita-PGSA/Cu em água ao comportamento anfifílico da multifuncionalização superficial de $MgFe_2O_4$-bentonita utilizando poli(guanidina-sulfonamida).

Após o $MgFe_2O_4$-bentonita-PGSA/Cu ser empregado na reação modelo, a recuperação e a reutilização dos catalisadores nanomagnéticos foram concluídas, e ALAVINIA *et al*. (2023) examinaram sua estabilidade e a preservação de sua atividade catalítica. A reação foi reciclada seis vezes sem uma diminuição notável na atividade. Esta perda insignificante, segundo os autores, está associada à perda de catalisador durante o procedimento de reciclagem. Assim, determinou-se que o catalisador $MgFe_2O_4$-bentonita-PGSA/Cu é altamente estável nas condições reacionais estudadas.

Com isso, ALAVINIA *et al*. (2023) concluíram que a imobilização do íon cobre no núcleo-invólucro $MgFe_2O_4$-bentonita-PGSA fornece um catalisador ácido sólido heterogêneo, verde e reciclável para a síntese de compostos de 1,4-di-hidropirano[2,3-c]-pirazol.

O trabalho de PAWAR *et al*. (2015) tem como intuito demonstrar que é possível realizar a transformação de acetais em cetais cíclicos utilizando um catalisador otimizado de argila ativada por ácido.

Para realizar a modificação ácida da argila bentonita, PAWAR *et al*. (2015) realizaram a otimização sob condições reacionais suaves, com alta concentração de argila (6% m/v), onde variou a concentração de ácido sulfúrico na faixa de 6 a 15N. A modificação foi realizada durante 10 horas, a 65°C, após este processo, o sólido resultante foi separado por centrifugação e lavado com água deionizada até que não houvesse íons sulfato, com isso, a amostra foi seca a 110°C durante a noite. Posteriormente, o sólido foi moído e passado em uma peneira de 100 mesh.

PAWAR *et al*. (2015) investigaram o desempenho do catalisador para a acetalização de glicerol com aldeídos e cetonas, utilizando a cicloexanona, que produz dois produtos isoméricos, o 1,3-dioxalano e 1,3-dioxano. Já para a acetalização de glicerol com aldeído, foi utilizado o benzaldeído, onde produziu dois produtos isoméricos, um 1,3-dioxalano acetal de cinco membros [(2-fenil-13-dioxan-4-il) metanol] e um 1,3-dioxano [2-fenil-1,3-dioxan-5-ol] cíclico de seis membros. O desempenho das reações foi estudado em relação à conversão de aldeídos e cetonas.

A acetalização do glicerol por aquecimento não convencional foi conduzida em forno micro-ondas, e também em radiação ultrassônica, onde cada conjunto de reações foram tratados sob parâmetros de sonicação controlada, mantendo a amplitude em 100% e com sondagem contínua. As reações foram realizadas utilizando 50 mg do catalisador, sem solvente durante um tempo pré-definido conforma necessário para que a reação ocorra completamente (PAWAR *et al*., 2015).

Ao realizar ensaios de caracterização, PAWAR *et al*. (2015) observaram que a composição da argila original foi consideravelmente alterada. Notou-se que a área superficial específica e o volume de poros da argila tratada com H_2SO_4 6N aumentaram aproximadamente 2,4 e 2 vezes, respectivamente. A catálise do glicerol mostrou-se ainda mais eficiente e econômica utilizando fontes de energia não convencionais, como irradiação de micro-ondas e ultra-sonicação, onde, a reação de acetalização do glicerol com cicloexanona com aquecimento convencional a 60°C, durante 1 hora, a conversão foi de 90-94% e a seletividade de 99% para cetais de cinco membros e para a reação com benzaldeído, nas mesmas condições, a conversão foi de 84% e a seletividade foi de 60% para acetais cíclicos de cinco membros.

Já para o aquecimento por micro-ondas e ultra-sonicação, PAWAR *et al*. (2015) mostraram que, ao realizar a reação em micro-ondas, a 60°C, e ultra-sonicação, a conversão foi de 92 e 89% para a

acetilação com cicloexanona, respectivamente, onde a seletividade para acetais e cetais de 5 membros foi de 98 e 97%. Para a acetilação com benzaldeído, a conversão foi de 83 e 81% para a reação em micro-ondas e ultra-sonicação, respectivamente, e a seletividade foi de 57 e 56%.

Assim, segundo PAWAR *et al*. (2015), os resultados obtidos pelo aquecimento convencional, devido ao maior tempo de reação, são ligeiramente inferiores quando comparado às vias de irradiação ultrassônica e de microondas.

CONCLUSÃO

Mediante os artigos selecionados e apresentados neste trabalho, é possível notar que a argila bentonita possui ampla aplicação em reações orgânicas. Suas características físico-químicas são modificadas quando determinados tratamentos lhe são aplicados, havendo então uma modificação significativa em sua estrutura, acarretando uma melhora em sua atividade catalítica, muitas vezes. A bentonita, possui alta aplicabilidade no ramo industrial, visto que é um material de baixo custo, ecologicamente correto e também possível reutilizá-la diversas vezes.

REFERÊNCIAS

AHER, D. S.; KHILLARE, K. R.; SHANKARWAR, S. G. Incorporation of Keggin-based H3PW7Mo5O40into bentonite: synthesis, characterization and catalytic applications. RSC Advances, v. 11, n. 19, p. 11244–11254, 26 fev. 2021.

ALAVINIA, S. et al. Cu(ii) immobilized on poly(guanidine-sulfonamide)-functionalized Bentonite@MgFe2O4: a novel magnetic nanocatalyst for the synthesis of 1,4-dihydropyrano[2,3-c]pyrazole. RSC Advances, v. 13, n. 16, p. 10667–10680, 4 abr. 2023.

ALI, B. et al. Synthesis of novel graphene oxide/bentonite bi-functional heterogeneous catalyst for one-pot esterification and transesterification reactions. Energy Conversion and Management, v. 171, p. 1801–1812, 1 set. 2018.

AZEEZ, G. et al. Modification of Nigerian bentonite for utilization in oil well drilling operations. LAUTECH Journal of Engineering and Technology, v. 12, n. 1, p. 74–84, 2018.

AZKAAR, M. et al. Synthesis of menthol from citronellal over supported Ru- and Pt-catalysts in continuous flow. Reaction Chemistry and Engineering, v. 4, n. 12, p. 2156–2169, 1 dez. 2019.

BHATTI, U. H. et al. Practical and inexpensive acid_activated montmorillonite catalysts for energy-efficient CO2capture. Green Chemistry, v. 22, n. 19, p. 6328–6333, 7 out. 2020.

BORAH, D.; NATH, H.; SAIKIA, H. Modification of bentonite clay & its applications: A review. Reviews in Inorganic Chemistry, v.42, n.3, p.265-282, 2022.

CAGLAR, B. et al. Characterization of AlFe-pillared Unye bentonite: A study of the surface acidity and catalytic property. Journal of Molecular Structure, v. 1089, p. 59–65, 5 jun. 2015.

DA COSTA, J. M.; DE ANDRADE LIMA, L. R. P. Transesterification of cotton oil with ethanol for biodiesel using a KF/bentonite solid catalyst. Fuel, v. 293, p. 120446, 1 jun. 2021.

DA SILVA FAVERO, J. et al. Evaluation and characterization of Melo Bentonite clay for cosmetic applications. Applied Clay Science, v. 175, p. 40–46, 1 jul. 2019.

DIAS, F. R. F.; FERREIRA, V. F.; CUNHA, A. C. An overview of the different types of catalysts in organic synthesis. Revista Virtual de Quimica, v. 4, n. 6, p. 840–871, 2012.

FAGHIHIAN, H.; MOHAMMADI, M. H. Surface properties of pillared acid-activated bentonite as catalyst for selective production of linear alkylbenzene. Applied Surface Science, v. 264, p. 492–499, 1 jan. 2013.

FOLETTO, E. L.; PAZ, D. S.; GÜNDEL, A. Acid-activation assisted by microwave of a brazilian bentonite and its activity in the bleaching of soybean oil. Applied Clay Science, v. 83–84, p. 63–67, out. 2013.

GANDHI, D.; BANDYOPADHYAY, R.; SONI, B. Naturally occurring bentonite clay: Structural augmentation, characterization and application as catalyst. Materials Today: Proceedings, v. 57, p. 194–201, 1 jan. 2022.

GHADIRI, M.; SHAMS, K. Synthesis of monoalkylbenzenes via transalkylation of heavy alkylbenzenes using benzene over alumina-pillared bentonite clay catalysts. Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis, v. 136, n. 1, p. 311–329, 2023.

HATVANI-NAGY, A. F. et al. Bentonite as eco-friendly natural mineral support for Pd/CoFe2O4 catalyst applied in toluene diamine synthesis. Scientific Reports, v. 14, n. 1, p. 4193, 2024.

KANEDA, K. et al. Design of high-performance heterogeneous metal catalysts for green and sustainable chemistry. Bulletin of the Chemical Society of Japan, v. 79, n. 7, p. 981–1016, 2006.

KUMAR, B. S.; DHAKSHINAMOORTHY, A.; PITCHUMANI, K. K10 montmorillonite clays as environmentally benign catalysts for organic reactions. Catalysis Science and Technology, v. 4, n. 8, p. 2378-2396, 2014.

KURNIAWAN, Y. S. et al. Application of activated bentonite impregnated with PdO as green catalyst for acylation reaction of aromatic compounds. Journal of Environmental Chemical Engineering, v. 9, n. 4, 1 ago. 2021.

LIU, N. et al. Study of alkylation on a Lewis and Brønsted acid hybrid catalyst and its industrial test. Journal of Industrial and Engineering Chemistry, v. 20, n. 5, p. 2848–2857, 25 set. 2014.

MA, F.; HANNA, M. A. Biodiesel production: a review. Bioresource technology, v. 70, n. 1, p. 1–15, 1999.

MANNU, A. et al. Bentonite as a Refining Agent in Waste Cooking Oils Recycling: Flash Point, Density and Color Evaluation. Natural Product Communications, v. 13, n. 5, p. 1934578–1801300523, 2018.

MASUDA, K. et al. Development of highly efficient Friedel-Crafts alkylations with alcohols using heterogeneous catalysts under continuous-flow conditions. RSC Advances, v. 11, n. 39, p. 24424–24428, 5 jul. 2021.

MEKHAMER, W. K. The colloidal stability of raw bentonite deformed mechanically by ultrasound. Journal of Saudi Chemical Society, v. 14, n. 3, p. 301–306, jul. 2010.

MURRAY, H. H. Overview-clay mineral applications. Applied Clay Science, v. 5, n. 5–6, p. 379–395, 1991.

MUTHUVEL, I. et al. A new solid acid catalyst FeCl 3 /bentonite for aldol condensation under solvent-free condition. Indian Journal of Chemistry, v. 55B, p. 252–260, 2016.

NAGENDRAPPA, G. Organic synthesis using clay and clay-supported catalysts. Applied Clay Science, v. 53, n. 2, p. 106-138, 2011.

NAGENDRAPPA, G.; CHOWREDDY, R. R. Organic Reactions Using Clay and Clay-Supported Catalysts: A Survey of Recent Literature. Catalysis Surveys from Asia, v. 25, n.3, p. 231,278, 2021.

NLEMEDIM, P. U. et al. Comparative study of bentonite and Ikwo clay for oil-based drilling mud formulation. Geoenergy Science and Engineering, v. 229, p. 212089, 2023.

RADHESHAM R. PAWAR et al. Clay catalysed rapid valorization of glycerol towards cyclic acetals and ketal. RSC Avances, v. 5, n. 102, p. 83985–83996, 2015.

RINALDI, N. et al. Bentonite pillarization using sonication in a solid acid catalyst preparation for the oleic acid esterification reaction. Catalysis Communications, v. 174, p. 1065598, 2023.

SEDAGHAT, M. E. et al. Surfactant modified bentonite (CTMAB-bentonite) as a solid heterogeneous catalyst for the rapid synthesis of 3,4-dihydropyrano[c]chromene derivatives. Applied Clay Science, v. 95, p. 55–59, 2014.

SHAO, H. et al. Synthesis of thiamine-modified bentonite for pretreatment of pharmaceutical wastewater. Kemija u industriji/Journal of Chemists and Chemical Engineers, v. 64, n. 5–6, p. 237–245, 1 maio 2015.

SILVA, A. R. V. & F. H. C. Argilas bentoníticas: conceitos, estruturas, propriedades, usos industriais, reservas, produção e produtores/fornecedores nacionais e internacionais. Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 3, p. 26, 2008.

SU, T. et al. Ba-modified Ni-P amorphous alloy/acidified bentonite catalyst: preparation and the catalytic hydrogenation of nitrobenzene to aniline. Reaction Kinetics, Mechanisms and Catalysis, v. 131, n. 2, p. 805–818, 1 dez. 2020.

SURENDRA, B. S. et al. Microwave assisted physico-chemical modification of Bentonite clay: Characterization and photocatalytic activity. Materials Today: Proceedings. Anais...Elsevier Ltd, 2017.

TANGESTANIFARD, M.; GHAZIASKAR, H. S. Arenesulfonic acid-functionalized bentonite as catalyst in glycerol esterification with acetic acid. Catalysts, v. 7, n. 7, 14 jul. 2017.

VARMA, R. S. Clay and clay-supported reagents in organic synthesis. Tetrahedron, v. 58, n. 7, p. 1235-1255, 2002.

WAHAB, N. et al. Synthesis, Characterization, and Applications of Silk/Bentonite Clay Composite for Heavy Metal Removal From Aqueous Solution. Frontiers in Chemistry, v. 7, p.654, 2019.

WANG, W. et al. Sulfuric acid modified bentonite as the support of tetraethylenepentamine for CO2 capture. Energy and Fuels, v. 27, n. 3, p. 1538–1546, 21 mar. 2013.

WATI, D. S.; ROHMAN, A.; MUFROD. Optimization of bentonite liquid detergent for cleansing of extreme najs using simplex lattice design. International Journal of Applied Pharmaceutics, v. 11, n. 1, p. 186–190, 1 jan. 2019.

ZHONG, Y. et al. Acid Treatment on Bentonite Catalysts for Alkylation of Diphenylamine. Catalysis Letters, p. 1-13, 2024.

ZHU, T. et al. Partial Hydrogenation of Jatropha Oil Biodiesel Catalyzed by Nickel/Bentonite Catalyst. Waste and Biomass Valorization, v. 12, n. 1, p. 465–474, 1 jan. 2021.

Capítulo 13

10.37423/250109601

LA NATURALEZA DE LOS BIENES Y SERVICIOS PARA EVALUACIÓN SOCIAL DE LA VIDA

João Paulo Fernandes de Almeida — *Gabinete do Comando do Exército em Brasília*

Camilo Pinto de Sousa — *Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ/PPGCTIA*

Josimar Ribeiro de Almeida — *Aposentado UFRJ*

Laís Alencar de Aguiar — *Instituto de Radioproteção e Dosimetria - IRD / CNEN*

Patrícia dos Santos Matta — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ*

Raphael do Couto Pereira — *Troy University (EUA)*

Tetyana Gurova — *Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ-ZO*

Resumen: La reflexión sobre los impactos derivados de las gasolineras y sus efectos sobre la salud humana contribuye al desarrollo de una perspectiva amplia de gestión ambiental. En este sentido, el desarrollo y la aplicación de técnicas que contribuyan a la mitigación de los impactos ambientales en las gasolineras se convierten en una alternativa necesaria. La utilización de la técnica de Análisis de Riesgo ha sido ampliamente utilizada para la mitigación de impactos ambientales, visando la proposición de soluciones ambientales y la promoción de la salud humana. De esta forma, se presenta el presente estudio de caso como parte del trabajo titulado "Evaluación de la Presencia de Combustible en el Suelo y en el Nivel Freático", en el cual se utilizó la metodología de análisis de riesgo basada en moldes Tier 2 para compuestos BTXE (Benceno, Tolueno, Xileno y Etilbenceno), a través del modelo de cálculos retrospectivos. Para ello, se instalaron 5 pozos de captación y monitorización de aguas subterráneas y 27 puntos de muestreo de muestras de suelo, para la evaluación de concentraciones máximas admisibles (CMA) de compuestos orgánicos volátiles, análisis de BTXE (Benceno, Tolueno, Xileno y Etilbenceno), tetraetilo de plomo y TPH (Hidrocarburos Totales del Petróleo). A continuación, se compararon los resultados obtenidos con la norma nacional disponible (Norma Administrativa 36 - Ministerio de Sanidad) y las normas internacionales (Lista Holandesa, Lista Canadiense y Guía de la OMS para la portabilidad del agua - Organización Mundial de la Salud). Así, se concluye que para las aguas subterráneas los compuestos de benceno poseen cierto grado de riesgo para la salud humana; en cambio para muestras de aguas subterráneas y subterráneas los compuestos tolueno, etilbenceno y xilenos, se habían presentado inocuos para la salud humana.

Palabras claves: Bienes y servicios; Evaluación; Sociedad.

I INTRODUCCIÓN

El interés masivo por los temas ambientales surgió al final de los años sesenta. Fue entonces cuando se empezaron a percibir con nitidez los problemas de deterioro del medio ambiente, que en principio se centraron especialmente en la contaminación. El concepto medio ambiente tuvo en su época dos acepciones bastante claras, según lo que se aplicara en los países industrializados o en los países en vías de desarrollo. En los primeros, la temática ambiental se concentraba casi exclusivamente en los aspectos de contaminación, en cuyo caso resultaba correcto considerar que los problemas ambientales tenían un carácter tecnológico. En cambio, en los países en vías de desarrollo el concepto era mucho más amplio y de carácter socioeconómico y político, más que tecnológico, puesto que se consideraban problemas ambientales prioritarios, precisamente los derivados del subdesarrollo: problemas sanitarios, condiciones de los asentamientos humanos, falta de viviendas y escuelas, deficiencias de nutrición, de destrucción de bosques y pérdidas de suelos, destrucción o mala explotación de recursos naturales u otros. A estos problemas del subdesarrollo hay que añadir los que pueden generarse de un desarrollo que no considere en sus proyectos la variable ambiental. Hoy en día, en todos los países, el concepto de medio ambiente tiene un sentido único y generalizado, cada vez más amplio, hasta el punto de que conceptos tan complejos y extensos como los de la calidad de vida y asentamientos humanos se integran en su temática. Persiste sin embargo la idea de que los problemas ambientales en los países industrializados derivan en su mayor parte de procesos de desarrollo y, muy especialmente, de las grandes concentraciones humanas y/o industriales (la contaminación, la deshumanización de la vida en las grandes ciudades, la creciente conflictividad social de las metrópolis, el consumo exagerado de recursos naturales y de energía, los problemas urbanísticos etc.), en cuanto que en los países en vías de desarrollo los problemas ambientales se deben, principalmente, al bajo índice de crecimiento. Las evaluaciones de impacto ambiental nacieron en los Estados Unidos, como consecuencia de la Ley Nacional de Política Ambiental de 1 de enero de 1970. Es en ese país donde se han hecho más trabajos de este tipo y, por consiguiente, donde se han desarrollado más metodologías para los mismos. Hasta la fecha se ha preparado muchas, pero ninguna de ellas tiene una dimensión o un carácter universal. Así pues, aunque existe gran cantidad de modelos, son pocos los que están sistematizados. La primera evaluación ambiental en Brasil fue realizada en 1972, una exigencia del Banco Mundial para el financiamiento de una represa y de una hidroeléctrica en Sobradinho, Bahia. Otros proyectos como el de la hidroeléctrica de Tucuruí, en Paraná, y el del terminal del puerto ferroviario Ponta de Madeira, en Maranhão, punto de exportación

del minero extraído por la CVRD, en Serra dos Carajás fueron subordinados a la AIA en la década de 70 e inicio de la década de 80 (MONTANDON et al., 1989).

II METODOLOGÍA

Se dice que hay un impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración en el medio o en alguno de los componentes del medio. Por lo tanto, la variable fundamental en estos estudios es la cuantificación de la alteración. En los estudios de impacto ambiental se trata de evaluar las consecuencias de una acción, para ver la calidad del ambiente que habría con o sin dicha acción. Tales evaluaciones deben realizarse en la fase previa al proyecto, antes que éste se realice, con objeto de: a) efectuar una mejor planificación y formulación de propuestas, desde el punto de vista ambiental, y b) considerar adecuadamente los factores ambientales, por parte de las autoridades, cuando aprueben una propuesta o determinen una alternativa. Se aplica el concepto de evaluación del impacto ambiental a un estudio encaminado a identificar e interpretar, así como a prevenir, las consecuencias los efectos que acciones o proyectos determinados pueden causar a la salud y al bienestar humanos y al entorno, o sea, en los ecosistemas en que el hombre vive y de los que depende. La dificultad para demostrar la complejidad de la dinámica ambiental en una única definición hace que, en general, todas las definiciones adquieran un carácter reduccionista y estático. Esto constituye, de cierto modo, el gran problema de las conceptualizaciones. Otras dificultades encontradas en la definición y, especialmente, en la identificación de un impacto ambiental consisten en la propia delimitación del impacto, una vez que el mismo se propaga espacial y temporalmente a través de una compleja red de interrelaciones y, también, en las deficiencias instrumentales y metodológicas para prever las respuestas de los ecosistemas a las actividades antrópicas. Esta cuestión es todavía más crítica cuando se trata de la dimensión social. Los estudios deben considerar las alternativas de la acción y del proyecto. Éstos también presuponen la participación del público representando, no solamente un instrumento de decisión, sino también un instrumento de conocimiento al servicio de la decisión. Existen innumerables definiciones en la literatura especializada del proceso de evaluación de impactos ambientales. La mayoría es de origen académica, enfatizando aspectos técnicos. Otras dan énfasis a los componentes políticos de gestión ambiental. Existen también las definiciones legales, como la instituida en el NEPA. Para ser útil, la evaluación debe ser comunicada en términos comprensibles para la comunidad y para los responsables por la toma de decisión. Los pros y contras deben ser identificados en base a criterios relevantes para los países afectados" (SILVA et al., 2014); – "... es una actividad destinada a identificar y prever el impacto sobre el ambiente biogeofísico y sobre

la salud y el bienestar de los seres humanos, resultante de propuestas legislativas, políticas, programas y proyectos y de sus procesos operacionales y de interpretar y comunicar las informaciones sobre estos impactos" (ALMEIDA, 2011);– El término "estimativa ambiental" describe la técnica y el proceso por el cual se colecta información acerca de los efectos ambientales de un proyecto, tanto los producidos por el que lo desarrolla como los generados por otras fuentes. Debe considerarse, inclusive, si el desarrollo amerita seguir enfrente o no, por medio de juicio formado, gracias a la autoridad profesional (ALMEIDA, 2011). – "...instrumento de política ambiental, formado por un conjunto de procedimientos, capaz de asegurar, desde el inicio del proceso, que se haga un examen sistemático de los impactos ambientales de una acción propuesta(proyecto, programa, plan o política) y de sus alternativas, y que los resultados sean presentados de forma adecuada al público y a los responsables por la toma de decisión, y por ellos considerados. Además de eso, los procedimientos deben garantizar la adopción de las medidas de protección del medio ambiente determinadas, en el caso de decisión sobre la implantación del proyecto (ALMEIDA et al., 2018)). – Una estimativa del impacto de una actividad planeada en el ambiente (SILVA et al., 2012)). En suma, la evaluación de impactos ambientales es "un instrumento de política ambiental, formado por un conjunto de procedimientos, capaz de asegurar, desde el inicio del proceso, que se haga un examen sistemático de los mismos en una acción propuesta (proyecto, programa, plan o política) y de sus alternativas. Además, que los resultados sean presentados de forma adecuada al público y a los responsables por la toma de decisiones, debidamente considerados por éstos" (ALMEIDA et al., 2018). Según este autor, las definiciones identifican importantes y distintos componentes. Uno de ellos es el que engloba un conjunto de procedimientos para identificar, evaluar y prevenir efectos adversos y que debe estar relacionado con conocimiento científico sobre el ambiente, la acción y sus interrelaciones. El otro componente es el proceso de toma de decisión, en el cual la evaluación de impactos de una acción puede tener un importante papel que está íntimamente relacionado con reglas administrativas y voluntad política.

En la literatura de habla inglesa se adoptan términos, como 'Environmental Impact Assessment' (EIA) para designar estudios que engloban conjuntamente aspectos sociales y ecológicos, y 'Ecological Impact Assessment' y 'Social Impact Assessment' para los que tratan de aspectos ecológicos y sociales, respectivamente. Un término que engloba mejor mejores los estudios es el 'Integrated Impact Assessment', que se refiere al estudio del conjunto de consecuencias sociales y ecológicas según un enfoque holístico, que ponga en evidencia los efectos cumulativos resultantes de sus interacciones requiriendo para su elaboración un conjunto de disciplinas diferentes, pero integradas. En los Estados

Unidos, por ejemplo, las evaluaciones de impactos ambientales se reflejan en un documento denominado 'Environmental Impact Statement' (EIS).

La agencia responsable por la evaluación emite un 'Notice of Intent' (NOI), que es enviado a otras agencias federales, estaduales y locales, a los impulsores del proyecto y a los grupos e individuos interesados. A continuación, con el intento de discutir el desarrollo del EIS, es realizado un 'scoping meeting' en el cual se ha observado una creciente participación de representantes de la comunidad. Mientras transcurre el proceso de evaluación, el público tiene acceso al 'draft' del EIS para comentarios y solicitud de esclarecimientos que pueden ser incorporados o anexados a la versión final del documento. Ante la ausencia de palabras correspondientes, en lengua española utilizamos 'Evaluación' tanto para designar 'Assessment' como 'Evaluation'. Westman, sin embargo, se define 'Assessment' como análisis y 'Evaluation', como evaluación de impacto. El análisis consiste en una tarea objetiva de identificación de acciones, medición de las condiciones de base y previsión de los probables cambios de las condiciones resultantes de aquellas acciones. La evaluación se constituye en una tarea objetiva o normativa que depende de la aplicación de valores humanos, ya que incluye determinar la significación de los efectos de los impactos ambientales. La concepción de Westman para la evaluación demuestra, en parte, tendencias del desarrollo de un proceso en el aspecto ecológico, no considerando, por tanto, los aspectos sociales. Cox & Tait también dividieron la Estimativa de Riesgo en dos componentes, en la Análisis de Riesgo y la Evaluación de Riesgo. Durante la referida evaluación se hacen anotaciones sobre el tipo de trabajo a realizarse encada área, la planta y los equipos a ser utilizados, así como un inventario de sustancias peligrosas para la salud, las personas responsables y otros detalles relevantes. La segunda etapa en la estimativa de riesgos se refiere a la identificación de peligros. La institución de Ingenieros Químicos definir la palabra peligro como" una situación física con potencial para causar daños a la humanidad, a las propiedades, al ambiente o a la combinación de estas. La tercera etapa de la estimativa de riesgos está relacionada al informe de La Sociedad Real que define el riesgo como 'la combinación de la frecuencia o probabilidad de los acontecimientos de un peligro definido, y la magnitud de la consecuencia de lo sucedido'. De la misma forma, la institución de Ingenieros Químicos define el riesgo como 'la posibilidad de que un evento específico e indeseable ocurra dentro de un período específico o en circunstancias específicas. Podría también definirse como frecuencia (número de eventos específicos que ocurren en una unidad de tiempo) o probabilidad (probabilidad de un evento específico suceder a uno anterior). La evaluación de riesgos sería simplificada si pudiéramos desarrollar una medida, expresada en términos de los dos factores usados para definirlos matemáticamente, que suministraría una representación útil del riesgo

observado. Ha habido algunas discusiones al respecto, pero experiencias prácticas indican que el producto de los dos factores provee una base adecuada para saber, por lo menos, donde los problemas comunes se presentan. El término 'público', normalmente utilizado en la documentación y literatura relativa a la evaluación de impactos ambientales puede estar sujeto a diferentes interpretaciones. Tanto puede hacer referencia a 'lo popular', como 'a un conjunto de personas que asisten a un espectáculo, a una reunión...'. Lo que observamos en el desarrollo histórico de las evaluaciones, sin embargo, es que prevalece la última definición. En este sentido, el público ha sido incorporado al final del proceso tan sólo como espectador y receptor de informaciones. Otros aspectos interesantes de la concepción de Westman residen en la inclusión en la fase de definición de objetivos y de monitoreos, fases que él denomina de pre y pós impacto, respectivamente. La primera induce a la ampliación y al mejor aprovechamiento de la discusión de los objetivos del estudio. La segunda, propicia una realimentación para la evaluación que opera, frecuentemente, con un elevado grado de incertidumbre.

III DISCUSIÓN

Es importante resaltar que la investigación guiada por el método dialéctico revela la historicidad del fenómeno y sus relaciones, a un nivel más amplio, sitúan el problema dentro de un contexto complejo, al mismo tiempo, estableciendo y señalando las posibles contradicciones entre los fenómenos investigados. La investigación cualitativa se basa en la inseparabilidad de los fenómenos y su contexto, ya que las opiniones, percepciones y significados se entenderán con mayor profundidad desde el contexto. La validez se referiría a la similitud entre el concepto y sus medidas, el grado en que una medida representa precisamente lo que se espera. La garantía de validez comenzaría con una comprensión directa de lo que se debe medir, por lo tanto, se trata de formulación de la investigación. El método propuesto se dividió en tres fases, que se subdividieron en etapas para la realización del relevamiento bibliográfico. En la primera fase de la investigación (preguntas de investigación), se verifican las principales decisiones y definiciones sobre la investigación. Las preguntas de investigación se destacan y sirven como impulso para el inicio de la revisión.

Se define el tema para definir la encuesta bibliográfica y el período disponible. Otras decisiones se toman simultáneamente, como definir palabras clave, para que actúen como identificadores. Paralelamente, resumen los principales temas sobre el tema a investigar; así como combinaciones de palabras clave. Estos, a su vez, se pueden realizar mediante operadores booleanos y en diferentes bases de datos como CAPES Journal Portal, SCIELO Database, Publish or Perish, EBSCO, entre otras. En

el presente caso, las bases de datos fueron Web of Science (o ISI), Plataforma SUSTENERE, Scielo y Scopus. Estas bases de datos son de fácil acceso, lo que permite, a través de sus herramientas, realizar una cuidadosa investigación, abarcando un amplio número de revistas. La segunda fase (selección de artículos) inicia la encuesta y selección de artículos, utilizando los criterios de exclusión. Las palabras clave de exclusión se utilizan para realizar una clasificación más cuidadosa de los artículos. También delimitando el período. En el siguiente paso, se produce el primer filtro de los artículos, se realiza una selección de los títulos, identificando los no alineados. En el siguiente paso, se leen los resúmenes para excluir a aquellos que son impertinentes con el tema investigado. El siguiente paso contiene un análisis subjetivo por parte del investigador para identificar, en los artículos alineados con la temática, aquellos que tienen mayor relevancia académica. Un análisis bibliométrico indica la relevancia del autor/artículo para la composición de la referencia bibliográfica.

La tercera fase corresponde a la clasificación de los artículos seleccionados. Se organizan muestras de artículos seleccionados. El objetivo es el orden, patrón que variará según las necesidades del investigador y lo priorice como foco de desarrollo temático. Destaca la importancia de un análisis exhaustivo de los artículos que componen la muestra. En la investigación cualitativa, el concepto de validez toma diferentes formas, ya que la discusión de las escalas de medición no se aplica a los métodos cualitativos, lo que requiere una comprensión de la validez desde otra perspectiva. Un atributo que se relaciona con la objetividad, la posibilidad de repetir el experimento, el hecho de que la investigación esté abierta a la verificación de otras personas y la capacidad de generalizar (ALMEIDA et al., 2013). La validez puede verse genéricamente como la correspondencia entre investigación y realidad (SILVA et al., 2012). Se refiere a verificar los resultados como verdaderos y confiables. Estaría relacionado con el hecho de que los resultados reflejan fielmente la situación analizada y son confiables, en el sentido de que no habría razón para dudar de ellos; es decir, la investigación es válida si la evidencia proporciona el soporte necesario para sus conclusiones (SOUZA et al., 2011). La intención no es generalizar, sino describir, analizar, buscar comprender.

IV CONSIDERACIONES FINALES

Muchos de los efectos ambientales resultan de la carencia de infraestructura y de fallas técnicas en la preparación del proyecto. Otras pérdidas resultan de la falta de información confiable sobre las consecuencias indirectas de los proyectos. Así no importa cuál sea la causa principal de la no incorporación de las externalidades en la formulación y ulterior evaluación de los proyectos; la colectividad tendrá que pagar un precio elevado para intentar remediar las decisiones erradas

tomadas en el pasado. El precio social asume varias formas como, por ejemplo, la disminución en la calidad de vida de las ciudades, mayores gastos con salud y seguros y pérdida de la capacidad productiva de la población. El control de la contaminación ambiental es un proceso históricamente reciente. No está todavía totalmente maduro. Incluye dos tipos de costos: el costo de las instalaciones y el de la reglamentación. El primer tipo proviene de los controles de las emisiones junto a su propia fuente, generalmente en las fábricas e industrias. Son internalizados por el sector privado, generalmente por el propio contaminador, y comprenden los gastos con filtros, equipamientos técnicos especializados, investigaciones y perdidas relativas de potencia y energía, entre otros. Los costos de reglamentación, a su vez, son absorbidos por el sector público y comprende todos los recursos necesarios para desarrollar y hacer cumplir las normas sobre los límites máximos de contaminación, recursos con personal y equipamientos especializados. Además de las pérdidas en las actividades productivas, en la ecología y en los bienes materiales, la contaminación ambiental tiene consecuencias más serias en la salud y en el bienestar de la población. La emisión de humo, gases y demás residuos contaminantes causan enfermedades respiratorias y de otros tipos, además de otras enfermedades y muchas lesiones, con efectos temporarios o permanentes en la capacidad productiva de los individuos y en los gastos con salud y prevención de molestias. La gran cuestión, en toda la evaluación de proyectos, es cómo cuantificar el valor de las pérdidas de salubridad y de vidas humanas en determinados tipos de propuestas productivas. La ética y la moral se sustentan en la premisa social del orden necesario a través del equilibrio normativo de la sociedad y en la premisa metafísica de que el valor de la vida es absoluto y, por eso, cualquier curso de acción proyecto que causase, directa o indirectamente, el sacrificio de una única vida debería ser abominado. Sin embargo, nuevas fábricas son implantadas con eliminación de residuos, que, eventualmente, causarían enfermedades, invalidez, lesiones y pérdidas de vidas. El sistema parece tener su lógica en un índice bajo de mortalidad. Un enfoque materialista para el cálculo del valor económico de la vida, de la invalidez y de la pérdida de la salud de un individuo procura identificar como los demás individuos - y no apenas sus parientes y amigos próximos - son afectados. Con este razonamiento, conocido como del valor "presente líquido sacrificado", cada individuo se corresponde a un "proyecto" con duración limitada, que en los períodos iniciales (infancia y adolescencia) exige inversiones por parte de la sociedad (alimentación, educación, vivienda, etc.) para, en los períodos siguientes, proveer beneficios líquidos (valor de su producción menos todos los gastos de mantenimiento bajo la forma de alimentación, asistencia médica, etc.). Se trata de un abordaje radical de racionalismo económico, que "sacrifica" la vida humana, pariente próximo el concepto de "capital humano", para agrupar la estrategia educacional. Merece ser

mencionado, con esta restricción, porque muchos lo aceptan como fase de razonamiento de evaluación. Los llamados bienes de mercado son aquéllos destinados al consumo, a través del mecanismo de los precios. Se orientan para satisfacer necesidades sociales o creadas por la propaganda, sin hacer del consumidor destino final. Su producción puede implicar un sacrificio para los demás individuos. A medida que todos estos bienes y servicios provean utilidad bien definida para los consumidores, el valor de esta utilidad tendrá como referencia objetivo, los precios de mercado. La categoría propuesta corresponde a los llamados "bienes públicos o colectivos". Tales bienes, o servicios, no son divisibles, en el sentido de que el consumo de un individuo no perjudica las posibilidades de consumo de los demás. El hecho de no ser eliminado, por el acto de consumo, trae algunas dificultades la medición de los beneficios sociales inherentes al consumo de estos bienes. Como no es posible medir la cantidad consumida por cada individuo, cada consumidor tiende a subestimar naturalmente los beneficios, de tal modo que, si existiese un mercado, su precio no sería muy diferente de cero. Si las preferencias no son expresadas de forma visible, no podemos cuantificar directamente los precios y, por lo tanto, no disponemos de este importante parámetro para el cálculo de los beneficios. El sistema de mercado no puede ser usado para evaluar beneficios que no son vendidos. En cuanto a la oferta de los bienes de mercado, es financiada por el propio ingreso con la venta de estos bienes al precio de mercado y son los estímulos de estímulo de mercado que van a determinar el flujo de producción; por otro lado, como los bienes públicos no consiguen un precio muy diferente de cero, la generación de ingresos a través del sistema de mercado es insuficiente para estimular al sector privado a producir. Por esta razón, cabe al sector público producir directamente o financiar la producción de estos bienes para la colectividad. La mayoría de las veces, los bienes públicos no son de consumo voluntario, los beneficios pueden ser usufructuados independientemente de quien ha financiado su producción. Los bienes "semipúblicos", que reúnen calidad de otros dos tipos, son divisibles de la misma forma que los bienes de mercado, pero su producción consumo tiene efectos de los más intensos en toda sociedad. Destacamos el ejemplo típico de la educación, donde el consumo directo (alumno) es perfectamente identificado; así es posible cuantificar, vía precio, parte de los beneficios de su mayor educación. Bajo este aspecto, la educación podría ser operada como el sistema de mercado. Sin embargo, la mejora del nivel de educación produce beneficios amplios y diversos para toda la sociedad y el beneficio global es muy superior a la sumatoria de los beneficios individuales. Por lo tanto, a través de esta línea de razonamiento, el sujeto central del desarrollo no es la mercadería, el mercado, el capital, el sector privado o el Estado, sino el ser humano y los demás seres vivos en sus múltiples dimensiones.

Según la directiva de la declaración de la ONU, todos y cada uno de los ciudadanos son convocados a participar del desarrollo. Cada uno es llamado a ayudar en la producción de lo suficiente y hasta de lo decente para todos. Pero, aunque sea de fundamental importancia, la aprobación crítica y creativa del conocimiento no es suficiente para que se instale una conciencia ecológica colectiva. Los hombres pueden tener conocimiento, pueden hasta ser críticos y creativos, pero, si son egoístas, colocarán sus conocimientos y usarán sus capacidades apenas para atender a su individualismo posesivo - como usar sus conocimientos para tener más (individualismo-oportunismo) -, pues tener más (propiedad) significa tener más fuerza y poder que los otros (competición) y poder satisfacer todos sus deseos (consumismo). Estos son valores de la sociedad capitalista. Ésta es la lógica del capitalismo. Al contrario, se debería pautar en los valores de la sociedad, de la cooperación, del respeto, del compromiso con el prójimo, de la participación, de la responsabilidad social. Si la participación es estimulada, las personas van desarrollando su capacidad de criticar y fundamentar su crítica, deseleccionar y asumir la responsabilidad de su selección, de respetar y hacerse respetar, de comprender la fragilidad de las acciones individuales y la fuerza, de crear soluciones para los impasses con que se enfrentan, de disciplinas y organizarse colectivamente para alcanzar lo pretendido, de evaluar sus propias posibilidades y sus propios límites, de conquistar autonomía y de comprometerse cada vez más con la sociedad global, de percibirse como parte de una totalidad natural y social, cuya preservación depende de todos y de cada uno. Según Sherrill (1993), "El análisis económico, descuenta beneficios y costos futuros más que los presentes, pues la sociedad tiende a dar más valor a los beneficios presentes que a los futuros y a preferir que los costos sean pagados mañana más que hoy. Esto de modo general". Esclarece que en relación con el medio y a los recursos biológicos, esta manera de pensar es errada. Prosigue: "la tasa de descuento da valor al capital en términos de su costo de oportunidad de hoy, ES un referencial de mercado que no se aplica a decisiones de largo plazo, como es el caso de inversión de recursos biológicos, y ni debe orientar decisiones de naturaleza cualitativa. El mercado no trabaja con el valor real, apenas con fuerzas de oferta y demanda". Los recursos naturales, normalmente, no son evaluados como capital natural y no figuran en la contabilidad nacional. En la evaluación del PIB, la renta basada en la utilización de recursos naturales no es incorporada, como tampoco son consideradas las pérdidas en el stock de recursos generados por esa renta. Si algún día, en la evaluación del PIB, imputasen como pérdida las áreas deforestadas, los incentivos a la conservación serán vistos de otra forma.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. R.; SILVA, C. E.; SILVA, C. V. V.; AGUIAR, L. A.; GARCIA, V. S.; SOUZA, C. P.; LENZ, E. R. S.; LINS, G. A.; ALMEIDA, S. M.. Multifatorialidade em saúde ambiental. Environmental Scientiae, v.1, p.26-47, 2019. DOI: https://doi.org/10.6008/CBPC2674-6492.2019.002.0002

ALMEIDA, J.R.; SILVA, C. E.; SILVA, C. V. V.; AGUIAR, L. A.; GARCIA, V. S.; SOUZA, C. P.; LENZ, E. R. S.; LINS, G. A.; ALMEIDA, S. M.. Política e economia de vigilância em saúde ambiental. Environmental Scientiae, v.1, p.1-25, 2019. DOI: https://doi.org/10.6008/CBPC2674-6492.2019.002.0001

ALMEIDA, J. R.; SILVA, C. E.; RODRIGUES, M. G.. Evaluation of the environmental impacts caused by deforestation in the hydric regimen of the metropolitan region of Petrópolis (RJ), Brazil. Engineering Sciences, v.1, p.14-21, 2013. DOI: https://doi.org/10.6008/ESS2318-3055.2013.001.0002

SILVA, B. M. P.; CAVALCANTI, P. P. M. S.; RODRIGUES, M. G.; ALMEIDA, J. R.. Análise do processo de licenciamento ambiental no estado do Rio De Janeiro. Revista Internacional de Ciências, v.4, p.83-106, 2014. DOI: https://doi.org/10.12957/ric.2014.13832

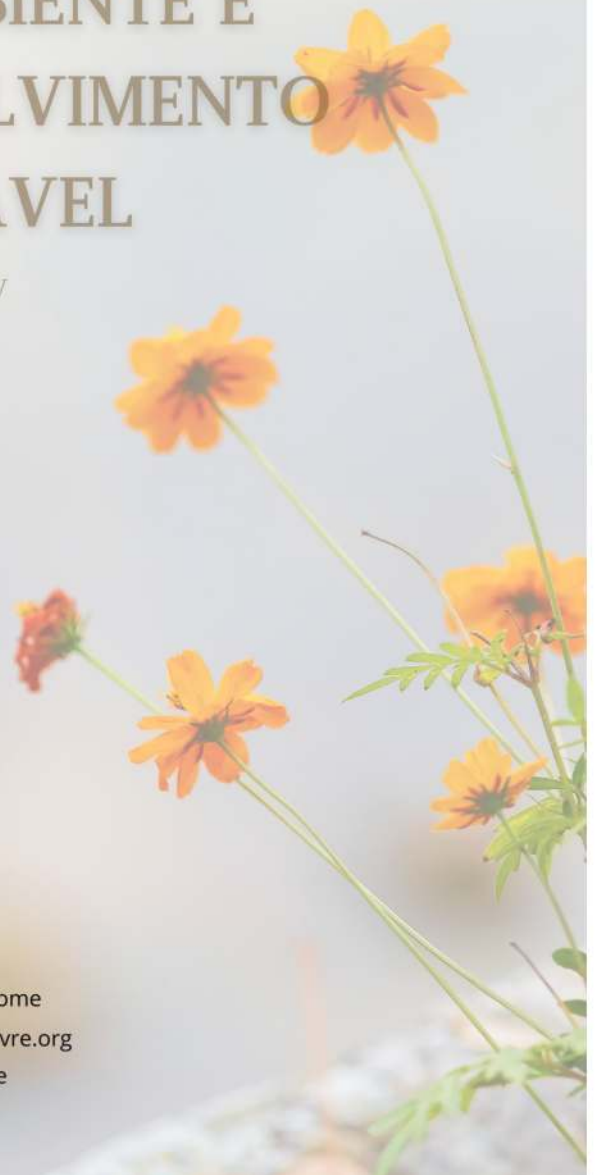
SILVA, C. E.; SOUZA, F. M. N.; AGUIAR, L. A.; ALMEIDA, J. R.. Análise de riscos como instrumento para sistemas de gestão ambiental. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v.3, p.17-41, 2012. DOI: https://doi.org/10.6008/ESS2179-6858.2012.001.0002

SILVA, L. C. L. A.; SILVA, C. E.; ALMEIDA, J. R.. Análise da implementação de um programa de sustentabilidade corporativa no Inmetro. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v.2, p.45-58, 2011. DOI: https://doi.org/10.6008/ESS2179-6858.2011.001.0004

SOUZA, F. M. N.; SILVA, C. E.; AGUIAR, L. A.; ALMEIDA, J. R.. Proposta para utilização da simulação computacional em análise de risco, avaliação de desempenho e sistemas de gestão ambiental. Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais, v.2, p.39-63, 2011. DOI: https://doi.org/10.6008/ESS2179-6858.2011.002.0003

BIODIVERSIDADE, MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

VOLUME XV



conhecimentolivre.org/home
contato@conhecimentolivre.org
editoraconhecimentolivre

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE