

CIÊNCIAS BIOLÓGICAS: AS DIVERSAS MANIFESTAÇÕES DA VIDA

VOLUME V



Frederico Celestino Barbosa

Ciências biológicas: as diversas manifestações da vida

5ª ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

5ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238C Ciências biológicas: as diversas manifestações da vida
/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2022

162 f.: il

DOI: 10.37423/2022.edcl427

ISBN: 978-65-5367-091-4

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. flora 2. fauna 3. organismos-vivos I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 570

<https://doi.org/10.37423/2022.edcl427>

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

EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonato

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2022

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	6
A EXPANSÃO DAS FLORESTAS DE EUCALIPTO NOS CAMPOS DE ALTITUDE NO MUNICÍPIO DE POÇOS DE CALDAS-MG	
Marcia Queiroz Andrade	
Geraldo Wilson Fernandes	
DOI 10.37423/220205362	
CAPÍTULO 2	19
FRUTOS DO CERRADO: A COMPOSIÇÃO DO PEQUI (CARYOCAR BRASILIENSE CAMB.)E SUA ATIVIDADE TERAPÊUTICA E ANTIOXIDANTE	
Alberto de Andrade Reis Mota	
Mikaelly do Nascimento Santos	
DOI 10.37423/220205421	
CAPÍTULO 3	39
ANÁLISE DO PANORAMA ATUAL DO CONTROLE QUÍMICO DA MOSCA-DOS-CHIFRES E CARRAPATO-DO-BOI NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL	
Lauren Cristina Turella da Silva	
Márcia Alves de Medeiros Gorodicht	
DOI 10.37423/220205430	
CAPÍTULO 4	50
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL GENOTÓXICO DE EFLUENTES RESULTANTES DA PRODUÇÃO DE PAPEL E CELULOSE ATRAVÉS DAS ANÁLISES MITÓTICAS DE RAIZ DE ALLIUM CEPA	
Thiago Schactae de Almeida	
Nilton Cesar Pires Bione	
DOI 10.37423/220205445	
CAPÍTULO 5	69
EDUCAÇÃO INCLUSIVA EM ESPAÇOS NÃO FORMAIS: PRÁTICAS DE INCLUSÃO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NO CENTRO DE CIÊNCIAS PLANETÁRIO DO PARÁ (CCPP)	
ANA CLAUDIA DA CUNHA MIRANDA	
LUCIANA DE NAZARÉ FARIAS	
TÂNIA ELIZETTE BARATA PEREIRA	
Luiz Wagner Pantoja Araújo de Souza	
DOI 10.37423/220205448	

CAPÍTULO 6	89
FORMAÇÃO DE PROFESSORES: REFLEXÕES SOBRE O USO DO LÚDICO NA FORMAÇÃO DE FUTUROS PEDAGOGOS NO ENSINO DE BIOLOGIA NUMA PERSPECTIVA INCLUSIVA	
ANA CLAUDIA DA CUNHA MIRANDA	
LUCIANA DE NAZARÉ FARIAS	
TÂNIA ELIZETTE BARATA PEREIRA	
JÉSSYCA SANTOS CORDEIRO	
JURACI SOUZA DA CONCEIÇÃO MACINO	
SHIRLEY RAIMUNDA VANZELER BARROS	
MARINA DE ASSIS OLIVEIRA	
LUIZ WAGNER PANTOJA ARAÚJO DE SOUZA	
DOI 10.37423/220205449	
CAPÍTULO 7	103
FATORES DE VIRULÊNCIA E RESPOSTA IMUNE FRENTE AO PARACOCCIDIOIDES BRASILIENSIS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA	
Marcos Jessé Abrahão Silva	
Eliete Costa da Cruz	
Andrei Santos Siqueira	
DOI 10.37423/220305534	
CAPÍTULO 8	133
REPRESENTAÇÕES DE MEIO AMBIENTE COM ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA EM UM FOCO BIORREGIONAL	
Edmilson Gomes Corrêa	
Janekeile Macedo Pereira Jomar	
Jadir Jomar de Souza	
Luciana de Nazaré Farias	
Tania Elizette Barata Pereira	
Ana Cláudia da Cunha Miranda	
Luiz Wagner Pantoja Araújo de Souza	
DOI 10.37423/220305538	
CAPÍTULO 9	149
COLÉTERES EM MYRTACEAE: ASPECTOS MORFOANATÔMICOS E IMPLICAÇÕES TAXONÔMICAS	
João Paulo Oliveira Ribeiro	
Cleber José da Silva	
DOI 10.37423/220305578	

Capítulo 1



10.37423/220205362

A EXPANSÃO DAS FLORESTAS DE EUCALIPTO NOS CAMPOS DE ALTITUDE NO MUNICÍPIO DE POÇOS DE CALDAS-MG

Marcia Queiroz Andrade

Universidade Federal de Viçosa

Geraldo Wilson Fernandes

Universidade Federal de Minas Gerais



Resumo: Este estudo avalia a distribuição e potencial impacto das plantações de eucalipto no município de Poços de Caldas, Minas Gerais. Observou-se uma ampliação da área de floresta de espécies exóticas de eucalipto em locais de vegetação nativa de campos de altitude. A classificação errônea de áreas campestres como áreas propensas ao reflorestamento é um fator que contribui para modificar o uso do solo permitindo a expansão do *afforestation* e a homogeneização da paisagem. O estudo discute os possíveis impactos ambientais das plantações de eucalipto nos ecossistemas montanhosos e campestres na região e apresenta potenciais alternativas para a minimizar o problema.

Palavras-chave: Plantações de Eucalipto; *Afforestation*; Campos de Altitude; Homogeneização da Paisagem.

INTRODUÇÃO

No século XIX, Poços de Caldas produzia café que era escoado para o Porto de Santos pelas linhas da Companhia Mogiana de Estradas de Ferro (CMEF), interligada por ramais com as ferrovias paulistas que se expandiam seguindo o itinerário do café (MATOS, 1990). O aumento na demanda de lenhas, tanto para abastecer as locomotivas que transportavam o café como para transportar as madeiras nativas que eram suprimidas na Mata Atlântica, fez o desmatamento crescer desenfreadamente. Desde então, percebeu-se a necessidade de reflorestar para atender a demanda por madeira (DEAN, 1996).

Foi neste início do século XIX que a Companhia Paulista de Estradas de Ferro (CPEF) começou a adquirir hortos florestais para cultivar espécies arbóreas e a utilizar o eucalipto na produção de dormentes, postes e moirões, em razão do rápido crescimento e da rusticidade da madeira (FOELKEL, 2006). Originário da Austrália, as primeiras mudas de espécies do gênero *Eucalyptus* que chegaram ao Brasil foram de fácil adaptabilidade. O gênero, exclusivo da Austrália, Indonésia e Nova Guiné, tem hoje reconhecidas cerca de 730 espécies e centenas de híbridos (EMBRAPA, 2014).

O sucesso econômico dos plantios de eucalipto no território brasileiro resultou em ambiguidades. Foram desenvolvidas ações bem intencionadas visando o reflorestamento de áreas degradadas com foco no desenvolvimento do mercado de carbono da biomassa. Enquanto o plantio de espécies arbóreas é acertado em ambientes florestais, o mesmo não acontece em ambientes dominados por outros tipos de vegetação como as savanas e campos naturais. Áreas de florestas nativas desmatadas estão sendo substituídas por florestas plantadas, seguindo as diretrizes básicas do Protocolo de Kyoto (PUTZ; REDFORD, 2010; VELDMAN *et al.*, 2015).

A título de reflorestamento, a substituição da vegetação nativa dos campos de altitude, que possui espécies arbóreas de porte bem menor que uma floresta de eucalipto, inicialmente pode parecer um ganho ambiental na produção de biomassa e em créditos de carbono. No entanto, este grande equívoco pode causar um prejuízo incomensurável em nível de perda de biodiversidade, tendo em vista que as espécies que habitam este ecossistema estão vulneráveis, com populações pequenas e raras no ambiente (FERNANDES *et al.*, 2016).

Considerando estes fatores dentro de um foco regionalizado, a necessidade de entender a distribuição da vegetação nativa e seu estado de conservação no município de Poços de Caldas, é fundamental para planejar de forma correta a implantação de novas florestas de espécies nativas. Há necessidade

de buscar-se opções para minimizar os impactos ambientais das florestas plantadas de eucalipto no município, e alavancar projetos de restauração ecológica para o ecossistema de campos de altitude. É necessário restabelecer os ecossistemas campestres da região que são fontes de água, biodiversidade e uma beleza paisagística peculiar.

Buscou-se fazer uma análise da expansão da silvicultura no município de Poços de Caldas, em Minas Gerais, e apresentar alternativas sustentáveis para a atividade, visando a preservação do ecossistema dos campos de altitude, que dadas as suas características, demonstram ser o mais ameaçado pelas plantações de eucalipto.

METODOLOGIA

A pesquisa foi elaborada através de ampla revisão bibliográfica de artigos científicos que avaliam o impacto do reflorestamento efetuado através de monoculturas de espécies arbóreas de eucalipto na biodiversidade dos ecossistemas, principalmente com redução significativa dos campos de altitude, ecossistema que domina grande parte do território do município de Poços de Caldas.

A pesquisa foi delimitada dentro dos limites territoriais do município de Poços de Caldas, que possui uma área de aproximadamente 547 km² (IBGE, 2020) e está inserido na microrregião do maciço onde está localizado o Planalto de Poços de Caldas.

Foram levantados dados sobre o aumento das florestas plantadas de eucalipto no município, com dados colhidos do IBGE e da Fundação Jardim Botânico de Poços de Caldas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por se tratar de um tipo de empreendimento economicamente rentável, nos últimos 20 anos ocorreu uma expansão das florestas plantadas de eucalipto. Áreas de vegetação nativa, antigos campos de pastagem natural e até áreas antes ocupadas pela agropecuária, estão sendo substituídas pela monocultura de eucaliptos (CEPEA, 2020). Como consequência, houve uma diminuição significativa no ecossistema de campos de altitude; fitofisionomia característica do município de Poços de Caldas, com grande riqueza de espécies e habitats (FJBPC, 2019).

A subvalorização dos biomas campestres em todo o mundo é alta e no Brasil não é diferente (OVERBECK, 2015). Uma percepção equivocada e amplamente disseminada é de que os biomas campestres são ecossistemas degradados e tem sido espalhada devido a interesses econômicos. Foi por considerar estas áreas como desmatadas ou degradadas que o World Resource Institute (WRI)

classificou 9 milhões de quilômetros quadrados destes biomas como oportunidades para restauração florestal (VELDMAN, 2015). Muitos desses biomas ocorrem em locais onde o clima pode suportar florestas de dossel fechado. Além disso, a conversão de biomas campestres em florestas plantadas pode ser um lucrativo investimento em créditos de carbono (BREMER, 2010).

A ideia de restauração florestal com objetivo de atingir a meta da NDC brasileira – Contribuição Nacionalmente Determinada (da sigla em inglês Intended Nationally Determined Contributions (INDC)) ao Acordo de Paris, firmado pelo Brasil em setembro de 2016, e restaurar 12 milhões de hectares até 2030 (WRI BRASIL, 2020) precisa ser vista com cautela. A identificação feita pelo World Resources Institute de 9 milhões de quilômetros quadrados de antigos biomas campestres e savânicos como “oportunidades” de restauração florestal (VELDMAN, 2015) é equivocada, como apontada por inúmeros trabalhos científicos (LAESTADIUS et al., 2011; ROJAS-BRIALES, 2015; BEUCHLE et al., 2015). No município de Poços de Caldas esta situação pode representar mais um problema de difícil solução ambiental, causando uma perda enorme de vegetação dos campos de altitude.

A Resolução CONAMA nº 423, de 12 de abril de 2010, define as especificidades dos campos de altitude associados ao bioma da Mata Atlântica, inclusive contendo uma lista de espécies. A própria norma ressalta a importância biológica e o alto grau de endemismo com espécies ameaçadas de extinção (CONAMA, 2010).

Os campos de altitude são compostos por vegetação herbácea e arbustiva de topos de montanhas frios e úmidos com padrões fitogeográficos muito específicos (SAFFORD, 2007). No entanto, quando estas áreas passam a ser catalogadas erroneamente como oportunidades de reflorestamento, ao invés de serem protegidas em razão de sua altíssima biodiversidade e endemismo, tornam-se florestas de eucalipto (FERNANDES, 2016). Nestas florestas homogêneas de espécies exóticas, a biodiversidade é drasticamente reduzida e apresentam baixo valor estético e paisagístico o que coloca em risco a produção de água e de alimentos, devido a perda de polinizadores, micorrizas e estabilidade dos solos. Além disso, dado o alto endemismo e raridade das espécies no ambiente deste ecossistema, aquelas mais frágeis e raras podem estar ainda sob maior pressão e chance de serem extintas (FERNANDES et al., 2016). Todavia, os campos de altitude têm sido equivocadamente identificados como pastagens degradadas ou áreas desmatadas, e assim, indicados para o plantio de eucalipto (FBPC, 2019). Este equívoco facilita a expansão do *afforestation*¹ de um dos ecossistemas mais importantes para a estabilidade climática, produção de água e repositório de biodiversidade da região.

O termo *afforestation* vem sendo amplamente utilizado para designar estas monoculturas que não podem ser consideradas como florestas no sentido ecológico da palavra. Logo, o termo reflorestamento torna-se inadequado para a designação das florestas plantadas, quando em áreas onde a vegetação nativa era de campos naturais (campos rupestres; campos de altitude) e savanas, dentre outros (FERNANDES *et al.*, 2016).

A vegetação dos campos de altitude, que compõe quase a metade da fitofisionomia do município de Poços de Caldas, possui alto grau de endemismo de fauna e de flora, além do valor paisagístico excepcional (MARTINELLI, 1996). Por estarem em uma área de transição entre os biomas da Mata Atlântica e do Cerrado, ecossistemas gramíneos, como os campos de altitude, são muito antigos compostos por comunidades que evoluíram com atributos ecológicos exclusivos (FERNANDES *et al.*, 2020).

O florestamento de ecossistemas abertos é uma perturbação incongruente. A baixa fertilidade superficial do solo e os longos períodos de estiagem, típicos das áreas de campos de altitude, faz com que as plantas desenvolvam sistemas radiculares longos, permitindo alcançar água a longa distância (FERNANDES, *et al.*, 2016). A expansão do *afforestation* decorre de pressões socioeconômicas que estimulam a demanda por carvão, papel e celulose, avanços na infraestrutura com a eletrificação rural e a pavimentação de estradas. No entanto, consequências de tais iniciativas podem ser catastróficas a longo prazo e levam ao questionamento dos reais benefícios imediatistas desta atividade frente aos potenciais problemas ambientais que esta ação pode trazer (FERNANDES *et al.*, 2016).

Além do grande impacto negativo na biodiversidade e produção de serviços ecossistêmicos, como segurança hídrica e alimentar, há ainda problemas de ordem social e climática (FERNANDES *et al.*, 2016).

De acordo com a Tabela 1, o município de Poços de Caldas possui uma área territorial total de aproximadamente 54.700 hectares. Deste total, 6.863 são ocupados por lavouras; 12.696 por pastagens, sendo 6.612 naturais e 6.084 plantadas; 9.415 estão em Áreas de Preservação Permanente (APP) e Reserva Legal; 829 apenas são de mata nativa e 6.145 de florestas de plantadas; o restante é de área urbanizada (IBGE, 2018).

Tabela 1 – Ocupação do solo do município de Poços de Caldas

APP e Reserva Legal	9415(ha)
Lavouras	6863 (ha)
Pastagens naturais	6612 (ha)
Pastagens plantadas	6084 (ha)
Mata Nativa	819 (ha)
Florestas plantadas	6145 (ha)
Áreas urbanizadas	18762 (ha)
Área total do Município	54700 (ha)

Do remanescente de vegetação nativa no município de Poços de Caldas, 44% é área de floresta e 56% de campo. Sendo que, 98% dos campos de altitude foram enquadrados em zonas do Plano Diretor do município que possibilitam o uso alternativo desta vegetação (FJBPC, 2019).

Vários impactos deletérios podem ser causados pela supressão da vegetação e pela fragmentação do ecossistema dos campos de altitude (GUEDES, 2009). Estes impactos têm potencial para extinção de espécies raras, típicas do bioma da Mata Atlântica, podendo chegar à perda de cerca de 50% de todas as espécies locais (FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA, 2016). As florestas plantadas de eucalipto, se mal implantadas e mal manejadas, podem esgotar a água superficial, pois possuem um sistema radicular curto. Isto pode levar a perdas substanciais no fluxo das bacias hidrográficas, aumentando a salinização e a acidificação do solo (JACKSON *et al.*, 2005; WANG *et al.*, 2015). A substituição de culturas agrícolas diversificadas pela monocultura de eucalipto pode aumentar a fragilidade à patógenos e a condições climáticas adversas, comprometendo até mesmo a segurança alimentar (VILLALOBOS *et al.*, 1991).

Algumas práticas podem minimizar o impacto causados pelas plantações de eucalipto nos campos de altitude. Dentre elas pode-se citar:

1 – A limitação das áreas de cultivo

Considerando que os campos de altitude possuem ecossistemas singulares e relativamente frágeis a pressões antrópicas, mesmo que a legislação em vigor permita a implantação de florestas de eucalipto com fins comerciais, a limitação da implantação destas culturas é um ganho em questão de biodiversidade e serviços ecossistêmicos (VASCONCELOS, 2014). Existe um projeto de lei em tramitação no Senado Federal, nº 194/2018 da Senadora Ana Amélia, aguardando para ser votado. Se

aprovado, irá dispor “[...] sobre a utilização e proteção da vegetação nativa dos Campos de Altitude associados ou abrangidos pelo bioma da Mata Atlântica” (SENADO, 2018).

2 – A implantação de mosaico florestal e corredores ecológicos

As técnicas de plantio de eucalipto em mosaico, com a criação de corredores ecológicos entre fragmentos de floresta naturais, permitem um ganho em mobilidade genética, diminuindo a perda da biodiversidade. O trânsito de animais entre os fragmentos aumenta a dispersão de sementes. A implantação de árvores frutíferas nativas entre os eucaliptos pode aumentar a frequência de pássaros, aumentando a biodiversidade local (SANTOS, 2017).

3 – Agroecologia: plantação em consórcio com outras culturas

A associação entre produção agrícola e manutenção dos ecossistemas é uma alternativa de manejo que ajuda a manter ou aumentar a biodiversidade (GOULART *et al.*, 2012). O eucalipto pode ser plantado consorciado a outras culturas como milho, mandioca, cajá, banana, entre outras; podendo inclusive associar-se à criação de gado, que se adapta bem em virtude da sombra proporcionada pelas árvores. O sistema de Integração Lavoura Pecuária e Floresta (ILPF), busca efeitos sinérgicos entre os componentes do agrossistema (MAPA, 2018).

CONCLUSÕES

Diante da evidente expansão das plantações de eucalipto nos últimos 20 anos no município de Poços de Caldas, principalmente sobre a vegetação dos campos de altitude, há que se buscar meios de minimizar o dano ambiental. Permitir que as plantações de eucalipto se expandam em áreas caracterizadas como oportunas para reflorestamento, como é o caso dos campos de altitude, é um equívoco que pode trazer impactos ambientais gravíssimos.

Existe a necessidade premente de normatização que regule o uso e a conservação dos campos de altitude. Esta medida é importante para corrigir as distorções no enquadramento destas áreas, para que não seja mais permitido seu uso alternativo nem *afforestation*. Precisa haver uma restrição na expansão das plantações de eucalipto sobre os campos de altitude para garantir a proteção do que ainda resta e permitir a restauração ecológica das áreas já degradadas.

A forma mais eficiente de evitar as perdas de biodiversidade dos ecossistemas existentes no município de Poços de Caldas seria limitar as áreas de cultivo de monocultura de eucalipto. No entanto, enquanto

não houver normatização que proteja os campos de altitude, algumas técnicas de manejo podem ser implantadas visando diminuir os impactos das plantações de eucalipto.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Senado Federal. Projeto de Lei nº 194, de 2018. Brasília. DF

BREMER, L. L.; FARLEY, K. A. Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts? A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. *Biodiversity and Conservation*, v. 19, p. 3893-3915, 2010.

CEPEA - Esalq/USP – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Informativo Setor Florestal. n. 218, fev. de 2020, p. 5. Disponível em:

<https://www.cepea.org.br/upload/revista/pdf/0968381001585680770.pdf>. Acesso em: 14 de mar. de 2020.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 423, 12 de abril de 2010. Ministério do Meio Ambiente. 2010.

DEAN, W. A ferro e fogo: A história e a devastação da Mata Atlântica Brasileira. Tradução Cid Knipel Moreira. São Paulo: Companhia das letras, 1996, p. 484.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas do Solo. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3 ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2007, p. 193.

_____. Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda – Brasília, DF: Embrapa, 2014.

FERNANDES, G. W. et al. Afforestation of savannas: an impending ecological disaster. *Natureza & Cobsevation*. p. 146-151 2016.

_____. Floristic and functional identity of rupestrian grasslands as a subsidy for environmental restoration and policy. *Ecological Complexity*. 2020.

_____. Ecology and Conservation of Mountaintop Grasslands in Brazil. 2016.

FERNANDES, F. A. B. Estudo de gradientes vegetacionais em uma floresta semidecídua altimontana no planalto de Poços de Caldas, MG. Lavras: Universidade Federal de Lavras, p. 156, 2003.

FERNANDES, M. R. et al. Poços de Caldas: caracterização de ecossistemas. Belo Horizonte: EMATER - MG, 2003.

FREITAS JÚNIOR, G. A história ambiental dos eucaliptos (The environmental history of eucaliptus) – Universidade Aberta. Lisboa, Portugal. Maio de 2014.

FOELKEL, C. D. B. Eucalipto no Brasil, história de pioneirismo. *Revista Visão Agrícola*. Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz – Piracicaba, SP, n. 4, p. 66-69. 2005.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INPE. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica no período 2013-2014: Relatório Técnico. p. 8, 2015.

FJBPC - FUNDAÇÃO JARDIM BOTÂNICO DE POÇOS DE CALDAS - MG. Remanescentes do bioma Mata Atlântica e as proposições ao plano diretor. Departamento Técnico Científico. 2019.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA/INPE. Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica no período 2013-2014: Relatório Técnico. p. 8, 2015.

GUEDES, F. B.; SHAFFER, W. B. Análise e sugestão de emendas à proposta de resolução sobre parâmetros básicos para identificação e análise de vegetação primária e dos estágios sucessionais da vegetação secundária nos campos de altitude associados ou abrangidos pela Mata Atlântica. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2009.

GOULART, F. F.; JACOBSON, T. K. B.; ZIMBRES, B. Q. C.; MACHADO, R. B.; AGUIAR, L. M. S.; FERNANDES, G. W. Agricultural SystemS and the conservation of biodiversity and ecosystems in the tropics. Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World, Intech – Open Science/Open Minds, p. 23-58, 2012.

IBA – Indústria Brasileira de Árvores. Relatório IBA 2020. São Paulo. 2020.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. IBGE Cidades. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 14 de setembro de 2020.

_____. PEVS – Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=o-que-e>.

LUND, H. G. Definition of Low Forest Cover. Report prepared for IUFRO. Manassas, VA. Forest Information Services. v. 22, p. 1999. DOI: 10.13140/RG.2.1.2203.6969

LAESTADIUS, L.; MAGINNIS, S.; MINNEMEYER, S. et al. Mapping opportunities for forest landscape restoration. *Unasylva*, v. 62, p. 47-48, 2011.

JACKSON, R. B.; JOBBÁGY, E. G.; AVISSAR, R. et al. Trading water for carbon with biological carbon sequestration. *Science* 310, p. 1944–1947, 2005.

MARTINELLI, G. Campos de altitude. Rio de Janeiro: Index. 1996.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Tecnologias. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/rural-sustentavel/tecnologias>. Acesso em: 30 dez. 2020.

MATOS, O. N. de. Café e Ferrovias: a evolução ferroviária de São Paulo e o desenvolvimento da cultura cafeeira. 4 ed. Campinas, SP: Pontes, 1990.

OVERBECK, G. E. Conservation in Brazil needs to include non-forest ecosystems. *Diversity and Distributions*, (Diversity Distrib.). v. 21, p. 1455–1460, 2015.

PUTZ, F. E.; REDFORD, K. H. The importance of defining “forest”: tropical forest degradation, deforestation, long-term phase shifts, ad further transitions. *Biotropica - Association for tropical biology and conservation*, January, 2010. v. 42, p. 10-20, 2010.

SAFFORD, H. D. Brazilian páramos IV. Phytogeography of the campos de altitude. *Journal of Biogeography*, v. 34, p. 1701-1722, 2007.

SANTOS, C. R. Alternativa metodológica para alocação de corredores ecológicos utilizando modelagem ambiental. *Repositório Institucional da UNESP – SP*. 2017

VASCONCELOS, V. Campos de Altitude, Campos Rupestres e Aplicação da Lei da Mata Atlântica: estudo prospectivo para o Estado de Minas Gerais. *Boletim de Geografia. UFABC*, v. 32, n. 2, p. 110-133, 2014

VELDMAN, J. W. et al. Where Tree Planting and Forest Expansion are Bad for Biodiversity and Ecosystem Services. *BioSciency*. October 2015 / v. 65, n. 10, 2015.

VILLALOBOS, V. M.; FERREIRA, P.; MORA, A. The use of biotechnology in the conservation of tropical germplasm. *Biotechnology Advances*, v. 9, n. 2, p. 197-215, 1991.

WANG, Y.; YAN, X.; WANG, Z.. Global warming caused by afforestation in the Southern Hemisphere. *Ecol. Indicators*, v. 52, p. 371–378, 2015.

WRI - World Resources Institute. 2014. *Atlas of Forest and Landscape Restoration Opportunities*. World Resources Institute: Washington, DC. Disponível em: www.wri.org/resources/maps/Atlas-forest-and-landscape-restoration-opportunities. Acesso em: 19 de setembro de 2020.

NOTAS

Nota 1

O plantio de espécies de porte arbóreo em ambientes onde naturalmente não há árvores é chamado de afforestation ou florestamento. O termo é utilizado para fazer referência ao processo de mudança na cobertura do solo utilizando espécies arbóreas onde elas não ocorriam naturalmente, com fins de colheita posterior (LUND, 1999).

Capítulo 2



10.37423/220205421

FRUTOS DO CERRADO: A COMPOSIÇÃO DO PEQUI (CARYOCAR BRASILIENSE CAMB.) E SUA ATIVIDADE TERAPÊUTICA E ANTIOXIDANTE

Alberto de Andrade Reis Mota

*Centro Universitário do Planalto Central
Apparecido dos Santos*

Mikaelly do Nascimento Santos

*Centro Universitário do Planalto Central
Apparecido dos Santos*



Resumo: O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) é uma espécie arbórea nativa do cerrado na qual seu fruto, para a população que vive no cerrado, é de grande importância na alimentação e na fitomedicina tradicional desse bioma. Seu fruto, o pequi, exibe propriedades sensoriais como: cor, aroma e sabor dissemelhantes e muito agradáveis. Este trabalho consiste em uma revisão da literatura sobre a utilização do óleo de pequi e suas propriedades antioxidantes. As palavras chaves utilizadas para a busca de artigos nas plataformas de pesquisa foram: pequi, cerrado, óleos e antioxidantes. O crescente consumo de antioxidantes naturais está associado à diminuição de danos oxidativos às macromoléculas biológicas. A quantidade e o tipo de compostos presentes na polpa do pequi: fenólicos, carotenoides e vitaminas faz com que a suplementação de seu óleo possa inibir os efeitos deletérios de espécies oxidantes geradas em meio celular. Pela revisão do presente trabalho constata-se uma lacuna de estudos clínicos que esclareçam ainda mais as propriedades nutracêuticas desta fruta tão característica do cerrado brasileiro, valorizando ainda mais este bioma.

Palavras-chave: pequi, antioxidantes, óleo de pequi, atividade terapêutica.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil, com seu tamanho continental, abriga seis grandes biomas, sendo eles: Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal, Floresta Amazônica, Pampas e o Cerrado. Cada um possui espécies nativas que vem despertando grande interesse na ciência, o que valoriza estas unidades biológicas e estimula a população que as habitam à conservação do meio ambiente e o consumo de produtos regionais. O Bioma Cerrado é considerado a maior formação vegetal brasileira (2 milhões de quilômetros quadrados), seguido da Amazônia sendo a savana tropical mais repleta do mundo em biodiversidade, sintetizando desta maneira um terço da biodiversidade nacional e 5 % da flora e da fauna mundial. Apesar disso, pouco é o investimento para que existam produtos patentes, levando em consideração a proteção de ecossistemas constituintes no Brasil (GADELHA et al., 2007).

As condições do Cerrado, com longos períodos de seca, seguido de período de chuvas intensas, incêndios habituais e uma grande incidência de radiação ultravioleta faz com que sua vegetação desenvolva variados mecanismos de defesa para seu desenvolvimento levando a uma maior produção de compostos bioativos, dentre eles muitas substâncias antioxidantes.

O pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) é uma espécie arbórea nativa do cerrado, na qual seu fruto, para a população que vive no cerrado é de grande importância na alimentação e na fitomedicina tradicional desse bioma. O pequi, fruto desta árvore, é bastante espesso do ponto de vista nutricional e funcional, exibindo propriedades sensoriais, como cor, aroma e sabor dissemelhantes e muito agradáveis. São desfrutados tradicionalmente in natura ou, preferencialmente cozido, acompanhado de arroz e/ou de carne (FALEIRO et al., 2008). Seu óleo, além de presente em pratos típicos, também pode ser utilizado para fins medicinais pois possui elevada concentração de β -carotenos, lipídeos e antioxidantes (CETEC, 1983; ALMEIDA et al., 1998; ROESLER et al., 2008).

Estudos das propriedades de frutos do cerrado devem ser incentivados, para que este bioma tenha uma maior valorização. Segundo Nascimento (2000) há apenas 2% do cerrado em áreas preservadas por lei, presentes no Parque Nacional da Emas e no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros, devendo ser buscado assim outras formas de prevenção com o desenvolvimento sustentável e um maior investimento nesta região. As chances de descobertas de novas substâncias que possam vir a ser usadas em novos medicamentos pela indústria farmacêutica são enormes, uma vez que este bioma é pouquíssimo explorado.

Durante a respiração celular, são geradas muitas espécies oxidantes decorrentes dos radicais livres, principalmente de oxigênio. Estas espécies podem levar a peroxidação de lipídeos, oxidação de proteínas, inativação enzimática, ativação excessiva de genes pró-inflamatórios e danos no DNA, causando com o tempo, o estresse oxidativo na célula. Este processo é associado diretamente ao envelhecimento, aumento do risco de câncer, doenças cardiovasculares, doenças neurodegenerativas, dentre outros problemas de saúde. Entra aí um importante grupo de substâncias que podem atrasar este estresse, através da inibição destas espécies reativas, os antioxidantes (FERRARI & SILVA, 2011).

Para American Heart Association o consumo de antioxidantes pode controlar e prevenir doenças cardiovasculares. Estas substâncias podem aumentar a resistência do colesterol em relação à oxidação, sendo associados ao tratamento de redução no risco de coronariopatias. Os antioxidantes mais comuns em alimentos são a vitamina E, pigmentos carotenoides, a vitamina C, os flavonoides entre outros compostos fenólicos (MEIRELLES et al., 2002).

Este trabalho irá realizar uma revisão bibliográfica da capacidade antioxidante do óleo de pequi e suas características físico-químicas, características que são pouco divulgadas pela comunidade científica ou exploradas pela indústria de medicamentos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 FRUTO DO PEQUIZEIRO

O pequi como popularmente é conhecido, possui seu nome científico *Caryocar brasiliense* Camb, é uma árvore típica do cerrado brasileiro, considerada de médio porte, cujos frutos são chamados de pequi ou dependendo da região de “piqui”. Para reconhecer se de fato a árvore é um pequi é necessário observar as folhas, pois suas características são folhas com três “dedos” no final de cada ramo, possuem pelos e são grandes, em ambos os lados das folhas, as bordas são bem recortadas (EMBRAPA 2010).

O período na qual acontece a floração do fruto ocorre entre agosto e novembro, e os frutos começam o processo de maturação a partir de setembro, podendo ser estendido de novembro até o início de fevereiro. O fruto, que é do tipo drupa, possui em média de um a quatro caroços, entretanto cada um possui somente uma semente ou amêndoa. O fruto é constituído por uma casca ou epicarpo com coloração esverdeada, o mesocarpo possui coloração branca, o mesocarpo interno é de coloração amarela e o endocarpo que possui bastante espinhas que tem por função proteger a amêndoa (RAMOS et al., 2001)

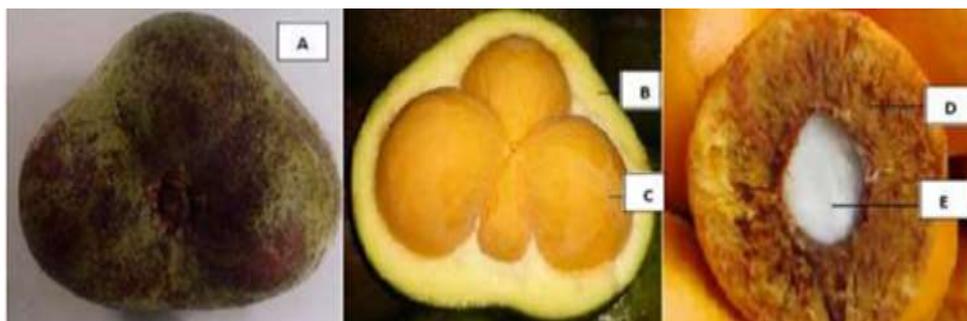


Figura 1- Características do pequi. (A) Fruto - Epicarpo, (B) Mesocarpo externo, (C) Mesocarpo interno, (D) Endocarpo (espinhos), (E) Amêndoa.

Fonte: SILVA et al., 2001.

2.2 O PEQUI E SUA COMPOSIÇÃO

O pequi é rico em uma grande variedade de substâncias que vão desde compostos apolares como ácidos graxos, e compostos polares como por exemplo alguns flavonóides. Desta maneira a explicação do que caracteriza tais substâncias encontradas no pequi é imprescindível para o bom entendimento do texto.

2.2.1 OS ÁCIDOS GRAXOS

Os ácidos graxos estão expostos em diferentes formas de vida, são de extrema importância nas funções das estruturas das mais diversas membranas celulares, e no processo metabólico. O ácido linoleico e o ácido alfa linolênico, são denominados essenciais para que se tenha condições normais em relação às membranas celulares, transmissão dos impulsos nervosos e as funções cerebrais. Nesses ácidos graxos ocorre a transferência do oxigênio atmosférico em plasma sanguíneo em relação à síntese de hemoglobina e para a divisão celular. A definição de “essenciais” dadas a algumas destas substâncias se deve a sua impossibilidade de síntese pelo organismo humano, sendo desta maneira que são adquiridas de fontes externas. (MARTIN et al., 2006).

Os ácidos alfa-linolênico e linoleico são titulados como ácidos graxos poli-insaturados (AGPI), Figura 2. Além disso, outros ácidos também são denominados dessa forma devido às insaturações, quando apresentadas duas ou mais. Quando é levado em consideração o tamanho da cadeia, ácidos com mais de 18 átomos de carbono são denominados como ácidos de cadeia longa. (MARTIN et al., 2006).

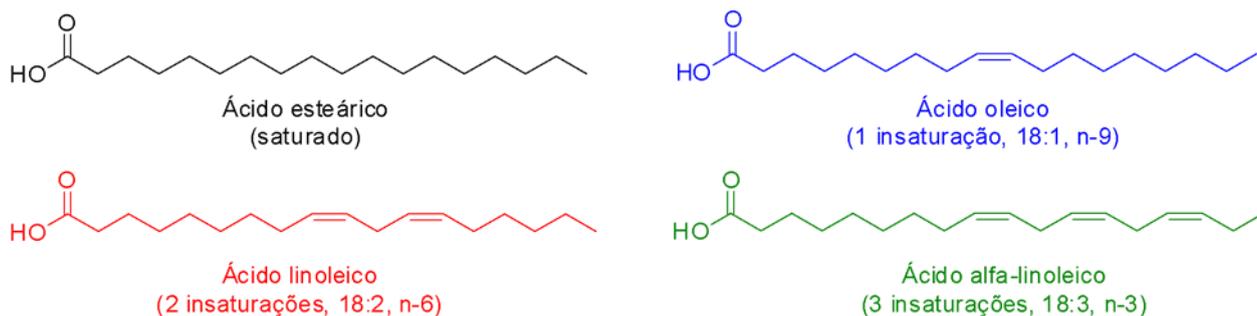


Figura 2- Exemplos de ácidos graxos contendo 18 carbonos (cadeia longa) e diferentes quantidades de insaturações.

2.2.2 OS TERPENOS

Os terpenos são denominados como alcenos naturais, pois apresentam dupla ligação entre carbono-carbono, dessa forma é identificado como um hidrocarboneto insaturado. Os terpenos são considerados a maior classe de produtos naturais existindo mais de 55.000 de compostos dessa classe conhecidos (CHANG et al., 2010). Originadas a partir do metabolismo secundário em espécies vegetais, a ligação desses compostos se dá através da ligação cabeça-cauda através das duas vias biossintéticas (DEWICK 2009). Entretanto, quando um terpeno apresenta um oxigênio ele é definido como um terpenoide, sendo possível ser observado distintas funções químicas, podendo ser elas: ácidos, álcoois, aldeídos, cetonas, éteres, fenóis ou epóxidos terpênicos. A estrutura dos terpenos possui uma estrutura base com cinco blocos de carbono chamada isopreno (BICAS et al., 2017). É importante ressaltar que apesar do isopreno ser o bloco de referência dos terpenos, suas estruturas são formadas a partir do dimetilailpirofosfato (DMAPP) e do isopentilpirofosfato (IPP), Figura 3.

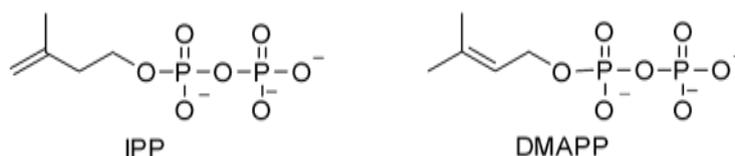


Figura 3. Estrutura química do dimetilailpirofosfato (DMAPP) e do isopentilpirofosfato (IPP), as moléculas precursoras dos terpenos.

2.2.2.1. OS CAROTENOIDES.

Nesta classe de compostos se encontram os carotenoides, tetraterpenoides (C₄₀), que são amplamente distribuídas entre pigmentos coloridos que absorvem a luz na faixa do espectro de 400 a 500 nm (as cores de plantas que contenham carotenoides vão de vermelho a amarelo e algumas vezes podendo se estender ao roxo). O nome carotenoides é derivado das cenouras (*carrots*, em inglês) onde

este pigmento foi encontrado pela primeira vez por Wackenroder em 1832. Estas substâncias são distribuídas em flores, frutas, algas, no reino fungi, em bactérias fotossintéticas e até mesmo em animais, como pássaros, répteis, anfíbios, peixes e vários invertebrados. (TALAPATRA; TALAPATRA, 2015).

Estas substâncias podem ser divididas em dois grandes grupos: os carotenos, que não possuem oxigênio em sua composição e as xantofilas, que são moléculas que possuem o oxigênio. Por serem compostos insaturados, os carotenoides são sensíveis ao oxigênio e suas espécies reativas (radicais, peróxidos...), além disso possuem a capacidade de inativar moléculas em estados excitados, principalmente derivadas de reações fotossensíveis, sendo desta maneira uma classe de moléculas antioxidantes. (JÁUREGUI; CARRILLO; ROMO, 2011).

2.2.3 OS COMPOSTOS FENÓLICOS

Os compostos fenólicos são substâncias distribuídas na maioria dos tecidos das plantas, incluindo partes comestíveis como frutas, sementes, folhas, caules e raízes. Esta classe de metabólitos secundários se caracteriza por possuir ao menos um anel aromático com uma hidroxila em sua estrutura, havendo mais de 8000 compostos já documentados. Devido a sua grande variedade estrutural, estes compostos podem ser separados em dois grandes grupos: flavonoides e não flavonoides.

2.2.3.1 OS FLAVONOIDES

Os flavonoides fazem parte de um dos grupos de compostos fenólicos, sendo um dos grupos mais importantes, dentre os produtos de origem natural. A classe de flavonoides está distribuída por todo reino vegetal, sendo identificadas mais de 4200 variedades destes compostos (SIMÕES et al., 2007). Os flavonoides podem ser classificados em seis classes de acordo com as diferenças no anel pirano, anel C, Figura 4. Dentro de cada família os compostos são diferenciados pelo padrão de hidroxilação e metilação nos anéis A e B: flavonas, flavanonas, isoflavonas, flavonóis e antocianinas (AHERNE 2002).

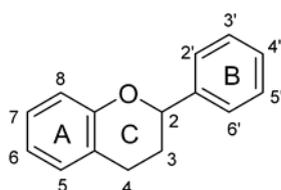


Figura.4: Estrutura básica dos flavonoides, mostrando os anéis aromáticos A e B e o anel heterocíclico C e a numeração dos carbonos.

Os flavonoides se baseiam em um esqueleto formado por 15 átomos de carbono constituídos por dois anéis de benzeno que estão ligados por meio de uma cadeia de três carbonos entre elas e um oxigênio como heteroátomos. Esta classe de metabólitos secundários tem diversas funções nas plantas, podendo ser destacadas a proteção contra os raios ultravioleta, proteção contra insetos, fungos, vírus e bactérias. Além disso possuem a capacidade de atrair polinizadores e funções farmacológicas como: atividade anti-inflamatória, antitumoral, antiviral e antioxidante (SIMÕES et al., 2007). Na natureza raramente os anéis A e B ocorrem sem substituintes, sendo mais comum substituições no C7.

2.2.3.2. COMPOSTOS NÃO FLAVONOIDES.

Os compostos não flavonoides são compostos que possuem em sua maioria estruturas menores e mais simples que os flavonoides. Os compostos desta classe mais importantes em frutas e vegetais são os ácidos fenólicos, que possuem um único grupo fenil substituído por um ácido carboxílico e uma ou mais hidroxilas. Esta classe pode ser dividida em: ácidos hidrobenzóicos, ácido hidroxicinâmicos e outros ácidos hidroxifenílicos (acético, propanoico e pentanoico), sendo diferenciados através do comprimento da cadeia contendo o grupo carboxílico, Figura 5.

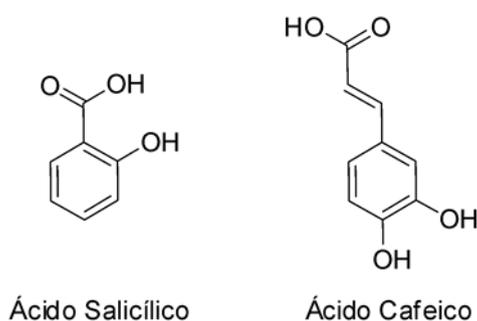


Figura 5: Exemplo de um ácido benzoico (ácido salicílico) e de um ácido hidroxicinâmico (ácido cafeico)

Esta classe de substância e seus derivados estão envolvidos no processo sensorial, como: cor, aroma, sabor e adstringência, além disso estão envolvidos no processo de crescimento das plantas, assim como no processo germinativo das sementes e na defesa contra pragas. Nos animais e humanos, foi observado que os compostos fenólicos têm a capacidade de reagir com radicais livres, de forma a neutralizar os mesmos. A capacidade de processo de bloqueio das estruturas radicalares através dos compostos polifenólicos acontece por meio da estrutura química, onde é formada por um anel aromático seguido de um grupamento hidroxila (BRAVO 1998).

2.3. RADICAIS LIVRES

Os radicais livres são espécies que apresentam um ou mais elétrons não pareados. No organismo estas espécies são principalmente formadas por moléculas contendo o oxigênio ou o nitrogênio e são comumente geradas nas mitocôndrias durante o processo de respiração celular.

As principais espécies reativas de oxigênio e nitrogênio (ERON), compreendem o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), o ácido hipocloroso (HClO) o óxido nítrico (NO°) e o ânion peroxinitrito ($ONOO^-$). Estas espécies, bem como os radicais livres de oxigênio e nitrogênio, é que irão gerar, através da oxidação de moléculas importantes dentro da célula, processos relacionados ao envelhecimento e a diversas outras doenças causadas pelo mau funcionamento de processos biológicos celulares (FERRARI & SILVA, 2011).

2.4 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

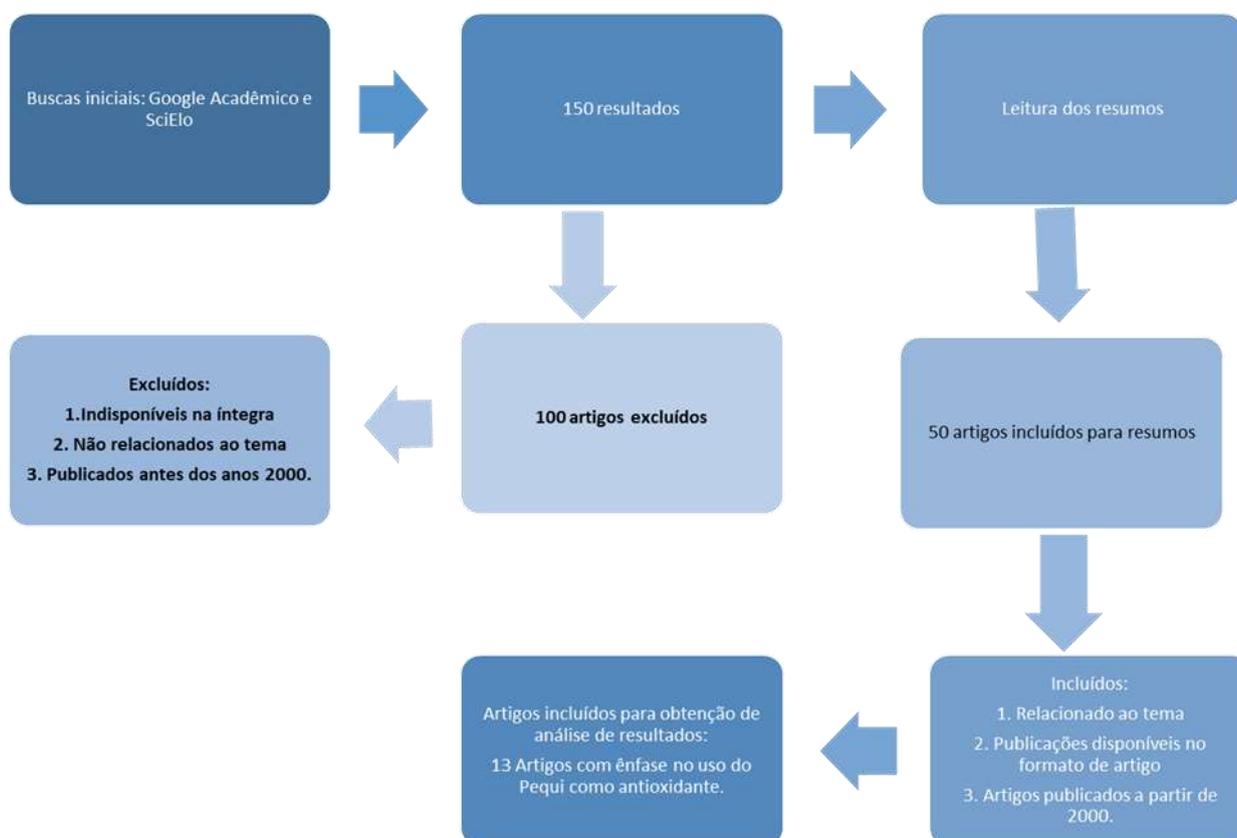
Para que um antioxidante seja considerado adequado, é necessário que algumas características sejam levadas em consideração, como por exemplo: a presença de elétrons, ou hidrogênio ao radical, em função de seu potencial de redução, capacidade de deslocamento do radical formado em sua estrutura, capacidade de quelar metais de transição que são implicados no processo oxidativo, e acesso ao local de ação, a depender de sua hidrofília ou lipofília e do seu coeficiente de partição (MANACH et al., 2004).

Os compostos fenólicos possuem uma estrutura na qual ocorre a troca entre um próton a um radical livre, dessa forma acontece a regeneração da molécula instável de forma a interromper o mecanismo oxidativo por um radical livre. Sendo assim, os denominados fenólicos alteram-se em radicais livres considerados inertes (RAMALHO e JORGE, 2006).

Pesquisas nos últimos anos têm tomado grande expansão no âmbito de medicamentos e gêneros alimentícios para que comprovem o uso de antioxidantes, levando em consideração os que são de origem natural. São inúmeros os fatores que podem de certa forma afetar a qualidade de vida da sociedade num todo, e o consumo diário desses antioxidantes naturais podem proteger contra danos oxidativos causados por espécies reativas de oxigênio, incluindo danos ao DNA, podendo reduzir o risco de câncer, aterosclerose e outras doenças degenerativas que acabam comprometendo a saúde de toda uma sociedade (ROESLER et al, 2008).

2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Trata-se de uma revisão sistemática da literatura, pautada nas plataformas: Biblioteca Virtual de Saúde (BVS), Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde (Lilacs), Google Acadêmico e Scientific Eletronic Library Online (SciELO). Para a pesquisa nas bases de dados foram adotados os descritores pequi, cerrado, óleo e pequi e antioxidante. Inicialmente, a seleção dos manuscritos, realizada a partir da leitura do título e resumo, sendo excluídos artigos que não tratassem sobre propriedades antioxidantes relacionadas ao consumo do óleo de pequi (por exemplo sua utilização para coloração ou composição bromatológica) ou se encontravam indisponíveis. Em seguida, a leitura na íntegra dos artigos selecionados, treze artigos publicados entre 2000 e 2021, foi realizada. No tocante a metodologia utilizada pelos autores dos artigos utilizados, todos os trabalhos fizeram uso de ferramentas validadas para avaliar as variáveis selecionadas e análises estatísticas adequadas. A quantidade de artigos encontrados em cada etapa da busca por artigos pode ser observada no Esquema 1.



Fonte: Da autora, 2021.

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Antes de se iniciar a análise dos artigos e com o intuito de facilitar o entendimento do que cada artigo selecionado trata sobre o óleo de pequi, foi construída a Tabela 1, contendo o nome dos autores principais, o ano de publicação e o principal tópico abordado no artigo

Tabela 1: Resumo dos principais artigos encontrados na revisão bibliográfica de acordo com os critérios de inclusão e palavras-chave utilizados na busca.

Autor Principal	Ano de publicação	Tema principal tratado
Aguilar	2010	Efeitos do óleo de pequi (<i>Caryocar brasiliense</i> Camb.) sobre a aterogênese e o estresse oxidativo em camundongos
Almeida	2012	Exploração do pequi na região norte de Minas Gerais: Abordagem por meio do Sistema Agroalimentar
Batista	2020	Avaliação da atividade cicatrizante do óleo de pequi
Gomes	2005	Papel da vitamina A na prevenção do estresse oxidativo
Lima	2008	Avaliação da atividade antioxidante in vitro
Miranda	2009	Uso do óleo de pequi nos marcadores inflamatórios
Oliveira	2014	Efeitos da ingestão de óleo de pequi
Oliveira	2006	Maturação e fatores relacionados aos aspectos nutritivos da polpa do pequi
Ramos	2001	Teor de carotenóides na polpa do pequi

Roesler	2008	Diminuição da peroxidação lipídica em fígados de ratos a baixas concentrações de compostos polares do pequi.
Roll	2013	Avaliação hematológica e do potencial genotóxico, antigenotóxico e antioxidante do óleo de pequi
Silva	2001	Avaliação do potencial de produção do "pequizeiro-anão"
Vilela	2009	Avaliação Farmacológica do uso do óleo de pequi

Fonte: Do autor, 2021.

O crescente consumo de antioxidantes naturais está associado à diminuição de danos oxidativos às macromoléculas biológicas, causado ao conteúdo de compostos fenólicos, carotenóides e vitaminas que são encontrados na polpa do pequi, considera-se que essa suplementação com o extrato do fruto pode inibir os efeitos deletérios das espécies reativas (ROLL 2013).

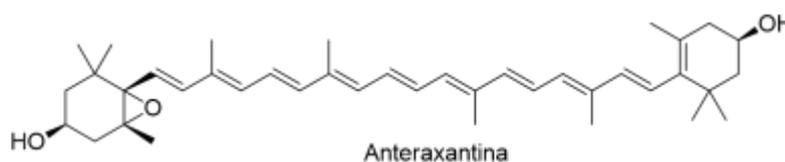
Existe uma variação entre o teor de carotenoides encontrados na polpa do pequi, podendo esta variação tanto ser devido a fatores ou métodos analíticos adotados quanto depender da região em isso que o fruto foi coletado (OLIVEIRA et al., 2006). Com relação aos pigmentos encontrados no fruto do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb), a média dos carotenoides encontrados na polpa crua e cozida é de, respectivamente, 231,09 e 154,06 mg/g. Os carotenoides estão diretamente associados à amplificação do sistema imune, e conseqüentemente a diminuição do risco de doenças degenerativas como por exemplo o câncer e doenças cardiovasculares (RAMOS et al., 2001).

A Tabela 1 apresenta a relação do teor dos carotenoides presentes na polpa do fruto, segundo Ramos et al., (2001) o carotenoide de maior presença contido no Pequi é a Anteraxantina, Figura 6, com um teor de 40,54%.

Tabela 1. Teor de carotenoides na polpa do pequi

Carotenoides	Teor %
Anteraxantina	40,54
Zeaxantina	34,24
Criptoflavina	7,7
β -caroteno	6,35
β -criptoxantina	5,25
ζ -caroteno	4,05
Mutatoxantina	1,87

Figura 6. Estrutura molecular da Anteraxantina



Ramos et al., (2001) adaptado.

Fonte: Da autora 2021

Dessa forma, ainda segundo o mesmo autor supracitado, RAMOS 2001, o óleo de pequi irá agir como um suplemento e como uma prevenção dos danos oxidativos que são causados por exercícios físicos nos atletas ou em pessoas que possuem um menor favorecimento genético em relação ao sistema de defesa antioxidante.

Em um estudo realizado por Aguilar (2010) foi identificado que o óleo de pequi possui efeito protetor em relação a ação antioxidante em estágios adiantados de aterogênese (formação de lesões ateromatosas ou de ateromas nas paredes arteriais). No estudo, foi realizado como o potencial efeito de suplementação com a ingestão de óleo de pequi, levando em consideração uma comparação realizada com o óleo de soja comum, rente ao aumento da aterosclerose, e do estresse oxidativo em camundongos. Diante do quão rico é o óleo de pequi em componentes que ajudam no processo de estresse oxidativo, a análise foi realizada através do método de peroxidação lipídica no fígado dos animais. Na composição do óleo, existe uma distribuição heterogênea em relação aos compostos encontrados em relação aos ácidos graxos saturados e insaturados, além de ser uma quantidade significativa para o fruto, podendo chegar até 37%. Isso pode justificar inferências importantes relacionadas ao metabolismo lipídico, principalmente quando se diz respeito a aterosclerose, os carotenoides possuem grande importância na atividade terapêutica do fruto, pois pode exercer um efeito sobre o estresse oxidativo (AGUILAR 2010).

Segundo Oliveira (2014) não existe certamente uma qualidade definida para o óleo de pequi, através da legislação brasileira, para o estudo realizado pela autora foi utilizado como base os padrões da

ANVISA os óleos refinados. A base principal deste estudo foi avaliar a ingestão do óleo de pequi, seguido ao exercício físico aeróbio regular. Ainda relacionando a quantidade expressiva de ácidos graxos encontrados por outros autores no óleo de pequi, a autora identificou uma quantidade significativa de ácidos graxos nas suas amostras, principalmente em ácidos graxos insaturados, o ácido oleico foi considerado o constituinte com maior predominância, em seguida o ácido linoleico. Para Rodriguez et al., (2008) um alimento para ser considerado como um carotenoide na qual apresenta atividade terapêutica é necessário que o teor esteja maior que 20 µg/g. Na análise de dados de Oliveira et al., (2014) o óleo de pequi consegue superar o teor encontrado em outros tipos de alimentos, apresentando um teor de $321,8 \pm 8$ µg/g de carotenoides totais na polpa. Sendo assim, os resultados obtidos nesse estudo apontam que o fruto traz benefícios à saúde, cooperando para a diminuição de riscos de doenças, como por exemplo doenças cardiometabólicas, causadas por fatores de risco como a hipertensão.

Na análise realizada por Oliveira et al., (2014) utilizando ratos com aproximadamente 60 dias, nas quais foram submetidos à pequenas lesões na pele, para verificação do potencial do óleo de pequi em agir como um cicatrizante, os animais passaram por algumas avaliações após as lesões e tratados com o óleo sobre cada ferida feita, houveram dois grupos de ratos: grupo tratados através do óleo de pequi e grupo não tratados com nenhum método cicatrizante. Os animais, foram avaliados três dias após as feridas, no grupo de animais onde foi usado o óleo do pequi sobre o corte, as feridas apresentaram uma melhora considerável. Além disso foram avaliados no décimo dia, as feridas se apresentaram com uma pequena crosta, e sem nenhuma evidência de inflamação, corroborando assim o processo de cicatrização através do uso do óleo deste fruto. Em um grupo avaliado no décimo quarto dia onde foi utilizado o óleo observou-se que a diminuição da ferida ocorreu de forma considerável, onde a média da área encontrada de ferida nos animais era de $0,376 \text{ cm}^2$ e $0,031 \text{ cm}^2$. O primeiro grupo tratado com o uso do óleo de pequi apresentou um percentual de 96,0% em relação à atividade cicatrizante mensurada através do *Caryocar Brasiliense* Camb. Isso demonstra que a atividade terapêutica do fruto vai além de um agente antioxidante, podendo levar a uma melhora na prática clínica em pacientes com outros tipos de necessidades, como é dado o exemplo de sua atividade cicatrizante.

Em atletas de alto rendimento, onde o nível de exercícios levam a uma formação de radicais que ultrapassa as defesas antioxidantes do organismo ou até mesmo em pessoas que possuem, geneticamente, uma menor defesa contra radicais livres é comprovado que o uso do óleo de pequi

previne os danos causados por estas espécies oxidantes devido aos compostos presentes no fruto, como: carotenoides, E-caroteno, licopeno, caroteno, criptoflavina, E-criptoxantina, anteraxantina, zeaxantina, mutatoxantina, violanxantina, luteína e neoxantina evitam a oxidação de macromoléculas importantes ao funcionamento celular (RAMOS et al., 2001). Gomes e colaboradores (2005) mostra em seu estudo que os carotenoides presentes no pequi possuem uma alta atividade antioxidante, principalmente em condições nas quais ocorrem uma baixa tensão de O₂.

Em um estudo realizado por Roesler e colaboradores (2008). foi mostrado que compostos polares presentes no pequi levaram a uma inibição da peroxidação lipídica em fígados de ratos mesmo em concentrações baixas (0,8 µg.ml⁻¹). Os autores ainda foram os primeiros a mostrar, através da espectroscopia de massa que, dentre os compostos bioativos presentes, estavam o ácido gálico, o ácido quínico, a quercetina e a quercentina 3-O-arabinose, moléculas extremamente antioxidantes e que ajudam a explicar esta propriedade desta fruta. Apesar da presença destas substâncias no fruto e na casca do Pequi já serem demonstrados por Khouri e colaboradores (2007).

No estudo realizado por (ROLL 2013) utilizando espectrofotometria por absorção ultravioleta UV-VIS, foi concluído que os carotenoides, estão presentes somente no extrato etanoico da polpa do fruto, onde as concentrações encontradas variam entre 277,47 µg.g⁻¹ e 1721,70 µg.g⁻¹, sendo observada uma variação estatística de (0,0001) no teor de carotenoides encontrado nas amostras. Em relação aos compostos fenólicos, nas mesmas amostras foi encontrado nos extratos aquoso etanoico e hidroetanólico. A maior concentração foi no extrato aquoso, na qual o encontrado foi de: 75,92 mg, o extrato hidroetanólico veio em seguida com uma concentração de 70,90 mg, por último o extrato etanoico foi de 20,06 mg. Para a avaliação da capacidade do fruto em fornecer uma atividade nutracêutica como um agente antioxidante foi utilizado o método de DPPH que é o método utilizado para determinar a atividade antioxidante em extrato e substâncias isoladas, como por exemplo os compostos fenólicos e os carotenoides, para avaliação do teste o BHT (hidroxitolueno butilado) e a vitamina C, foram utilizados como base controle para avaliação, pois esses compostos apresentam uma boa atividade antioxidante in vitro, a avaliação demonstrou que os extratos e óleos possuem uma maior eficácia antioxidante, mas em relação aos controles utilizados existe uma atividade reduzida, isso pode ser justificado devido ao método de extração utilizado pelo autor, além da polaridade do solvente em uso. O consumo destes antioxidantes naturais através do óleo de pequi é importante, uma vez que os compostos fenólicos, carotenoides e vitaminas encontrados na polpa, mesmo em

menores quantidades que os extratos etanoicos e hidroetanólicos podem inibir efeitos poderia de espécies reativas.

Dentre os componentes encontrados no pequi, os principais ácidos são os fenólicos que estão presentes na polpa e na amêndoa, destacando-se o ácido elágico em uma maior concentração, o ácido p-cumarínico, ácido gálico e o ácido 4-OHCarotenoides, os resultados obtidos no estudo mostraram que o ácido elágico foi encontrado em uma maior concentração, determinado em cromatografia líquida de alta eficiência (CLAE), as concentrações encontradas foram: ácido elágico: 32,2 μ /g; ácido p-cumarínico: 27,4 μ /g e ácido gálico: 9,56 μ /g, os dados foram identificados no extrato aquoso, já em relação a amêndoa, é encontrado apenas o flavonoide procianidina B2 (LIMA, 2008). No fruto *Caryocar brasiliense* Camb, sua composição em ácidos graxos é de 61,35%. De forma considerável o óleo oleico é o principal ácido graxo insaturado encontrado no pequi, em relação aos ácido graxos saturados a maior parcela encontrada na polpa do pequi é o ácido graxo palmítico (AGUILAR, 2010).

Muitos estudos têm sido realizados visando o uso do óleo de pequi como um nutracêutico antioxidante, existem diversos fatores que de certa forma podem prejudicar o sistema antioxidante, dessa forma o uso do óleo de pequi se torna uma forma de proteção contra os danos causados pelos ERONS, além disso os antioxidantes podem prevenir danos causados ao DNA, trazendo uma melhor qualidade de vida a pacientes que possui algum tipo de doença degenerativa (MIRANDA et al., 2009).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo abordou por meio de revisão de literatura a atividade antioxidante do pequi (*Caryocar Brasiliense* Camb.) sendo dada ênfase na presença de moléculas antioxidantes em seu fruto, sendo as principais: os carotenoides, os ácidos graxos saturados e insaturados, os flavonoides e terpenos, sendo a variação entre o teor de cada composto encontrado no pequi será de acordo com o período na qual ocorre a colheita, assim como a região onde o fruto é encontrado. Nesta revisão foi observada uma variação entre os compostos encontrados por cada autor, o que é justificado através do método utilizado para quantificação do teor desses compostos, assim como as características necessárias para colheita, além disso, alguns autores utilizaram a polpa, outros utilizaram o extrato etanoico. Através deste estudo nota-se que ainda existe a necessidade de estudos clínicos para melhor esclarecer as propriedades deste fruto, os dados levantados através da literatura indicam que é possível realizar o uso do óleo de pequi como propriedade antioxidante, com aplicação promissora, nas quais apontam um potencial emprego clínico, além disso métodos analíticos validados para a quantificação das

moléculas presentes no pequi devem ser estudados e padronizadas para que não haja uma discrepância entre resultados quando este fruto é estudado.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA CÂNDIDO, Pietro; MALAFAIA, Guilherme Cunha; REZENDE, Marcelo Lacerda. A exploração do pequi na região norte de Minas Gerais: abordagem por meio do Sistema Agroalimentar. Programa de Pós-Graduação de Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2012. p. 1-21.
- AGUILAR, E. C. - Efeitos do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) sobre a aterogênese e o estresse oxidativo em camundongos LDL receptor knockout alimentados com dieta aterogênica. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Bioquímica e Imunologia, 2010.
- AHERNE, S. A.; O'BRIEN, N. M. Dietary flavonols: Chemistry, food content, and metabolism. *Nutrition*, v. 18, n. 1, p. 75-81, 2002.
- BATISTA, J. S. et al. Avaliação da atividade cicatrizante do óleo de pequi (*Caryocar coriaceum* Wittm.) em feridas cutâneas produzidas experimentalmente em ratos. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 77, p. 441-447, 2020.
- CETEC - Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais. Programa Energia. Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais. Belo Horizonte, 1983.
- CHANG, T.-H. et al. Structure of a Heterotetrameric Geranyl Pyrophosphate Synthase from Mint (*Mentha piperita*) Reveals Intersubunit Regulation. *The Plant Cell Online*, v. 22, n. 2, p. 454–467, 2010.
- DEWICK, P. M. Medicinal natural products biosynthetic approach. Chichester: Wiley, 2009
- FALEIRO, F. G. et al. Simpósio nacional sobre o cerrado e o simpósio internacional sobre savanas. In: FALEIRO, F. G.; FARIAS-NETO, A. L. (Ed.). Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. p. 32-46.
- FELIPE, L. O.; BICAS, J. L.; Terpenos, aromas e química dos compostos naturais. *Química nova*. 2017. Vol 39.
- FERRARI, C. K. B. SILVA, W. J. M; Metabolismo Mitocondrial, Radicais Livres e Envelhecimento. *Rev. Bras. Geriatr. Gerontol.*, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 441-451, 2011;
- GOMES, M. M.; SAUNDERS, C.; ACCIOLY, E. Papel da vitamina A na prevenção do estresse oxidativo em recém-nascidos. *Rev. Bras. Saúde Mater. Infant.* v. 5 n. 3, 275- 282, 2005.
- GUSMÃO, E.; LOPES, P. S. N.; SIMÕES, M. O. M.; RIBEIRO; DIAS, B.; Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, vol. 28, n. 3, Dec. 2006 .
- JÁUREGUI, M. E. C.; CARRILLO, MA. DE LA C. C.; ROMO, F. P.-G. Carotenoides y su función antioxidante: Revisión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, v. 61, n. 3, 2011.
- JUNQUEIRA, GIL et al. Avaliação do potencial de produção do "pequizeiro-anão" sob condições naturais na região sul do estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Floricultura*, p. 726-729, 9 dez. 2001.

KHOURI, Juliana et al. Anticlastogenic potential and antioxidant effects of an aqueous extract of pulp from the pequi tree (*Caryocar brasiliense* Camb). *Genetics and Molecular Biology*, v. 30, n. 2, p. 442-448, 2007.

LIMA, A. Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e in vivo, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (*Caryocar brasiliense* Camb). Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, 2008.

LIMA, Alessandro de. Caracterização química, avaliação da atividade antioxidante in vitro e in vivo, e identificação dos compostos fenólicos presentes no pequi (*caryocar brasiliense*, camb.). 2008. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MANACH, C. et al. Polyphenols: food sources and bioavailability. *Am J Clin Nutr*, v. 79, n. 5, p. 727-747, 2004.

MARTIN, Clayton Antunes et al. Ácidos graxos poliinsaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. *Revista de Nutrição*, v. 19, p. 761-770, 2006.

MIRANDA- VILELA, A.L. et al. Pequi fruit (*Caryocar brasiliense* Camb.) pulp oil reduces exercise-induced inflammatory markers and blood pressure of male and female runners. *Nutr Res*. v. 29, p. 850-858. 2009.

MIRANDA-VILELA, A. L. et al. Oil rich in carotenoids instead of vitamins C and E as a better option to reduce doxorubicin-induced damage to normal cells of Ehrlich tumor-bearing mice: hematological, toxicological and histopathological evaluations. *The Journal of nutritional biochemistry*, v. 25, n. 11, p. 1161-1176, 2014

MORAIS, M. L.; et al. Determination of antioxidant potential in vitro of brazilian Cerrado fruits. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 35, n. 2, p. 355-360, 2013.

OLIVEIRA, Lidiane Guedes. Efeitos da ingestão do óleo de pequi (*Caryocar brasiliense*) associada ao exercício físico aeróbio regular no crescimento e em variáveis metabólicas e cardiovasculares de ratos. 2014. 99 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciências Fisiológicas, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2014.

OLIVEIRA, W. L., SCARIOT, A. Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do Pequi-Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2010.

OLIVEIRA, M. G. L.; SÉRGIO P.; SIMÕES, M. O. M.; RIBEIRO, L. M.; DIAS, B. A. S.; Estádio de maturação dos frutos e fatores relacionados aos aspectos nutritivos e de textura da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, [S.L.], v. 28, n. 3, p. 380-386, dez. 2006

RAMALHO, V. C. JORGE; Neuza. Antioxidants used in oils, fats and fatty foods. *Química Nova*, v. 29, p. 755-760, 2006.

RAMOS, M. I. L. et al. Efeito do cozimento convencional sobre os carotenoides pró vitamínicos "A" da polpa do piqui (*Caryocar brasiliense* Camb). *Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA)*, Curitiba, v.19, n.1, p.2332, 2001.

RIQUE, Ana Beatriz Ribeiro; SOARES, Eliane de Abreu; MEIRELLES, Claudia de Mello. Nutrição e exercício na prevenção e controle das doenças cardiovasculares. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 8, n. 6, p. 244-254, 2002.

ROESLER R.; CATHARINO, R.R.; MALTA, L.G.; EBERLIN, M.N.; PASTORE, G. Antioxidant activity of *Caryocar brasiliense* (pequi) and characterization of components by electrospray ionization mass spectrometry. *Food Chemistry, Oxford*, v. 110, p.711–717, 2008.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. ; KIMURA, M. ; GODOY, H. T. ; AMAYA-FARFÁN, J. Updated Brazilian database on food carotenoids: Factors affecting carotenoid composition. *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 21, p. 445-463, 2008.

ROLL, M. M. - Avaliação hematológica e do potencial genotóxico, antígenotóxico e antioxidante do óleo e dos extratos etanólico, hidroetanólico e aquoso da polpa do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) em camundongos Swiss. Dissertação (mestrado) Universidade de Brasília, Departamento de Pós-graduação em Patologia Molecular. 2013

SILVA, D. B; JUNQUEIRA, N. T. V.; SILVA, J. A.; PEREIRA, A. V.; SALVIANO, A.; JUNQUEIRA, G. D. Avaliação do potencial de produção do "pequizeiro-anão" sob condições naturais na região sul do estado de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, n. 3, p. 726-729, 2001.

SILVA, Wallison Junio Martins da; FERRARI, Carlos Kusano Bucalen. Metabolismo mitocondrial, radicais livres e envelhecimento. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, v. 14, p. 441-451, 2011.

SIMÕES, C. M. O. et al. (Org.). *Farmacognosia: da planta ao medicamento*. 6. ed. Porto Alegre: Editora da UFSC e UFRGS, 2007.

Talapatra, S. K., & Talapatra, B. *Chemistry of Plant Natural Products*. Springer Berlin Heidelberg. (2015).

VILLAS BÔAS, Glauco de Kruse; GADELHA, Carlos Augusto Grabois. Oportunidades na indústria de medicamentos e a lógica do desenvolvimento local baseado nos biomas brasileiros: bases para a discussão de uma política nacional. *Cadernos de Saúde Pública*, v. 23, p. 1463-1471, 2007.

Capítulo 3



10.37423/220205430

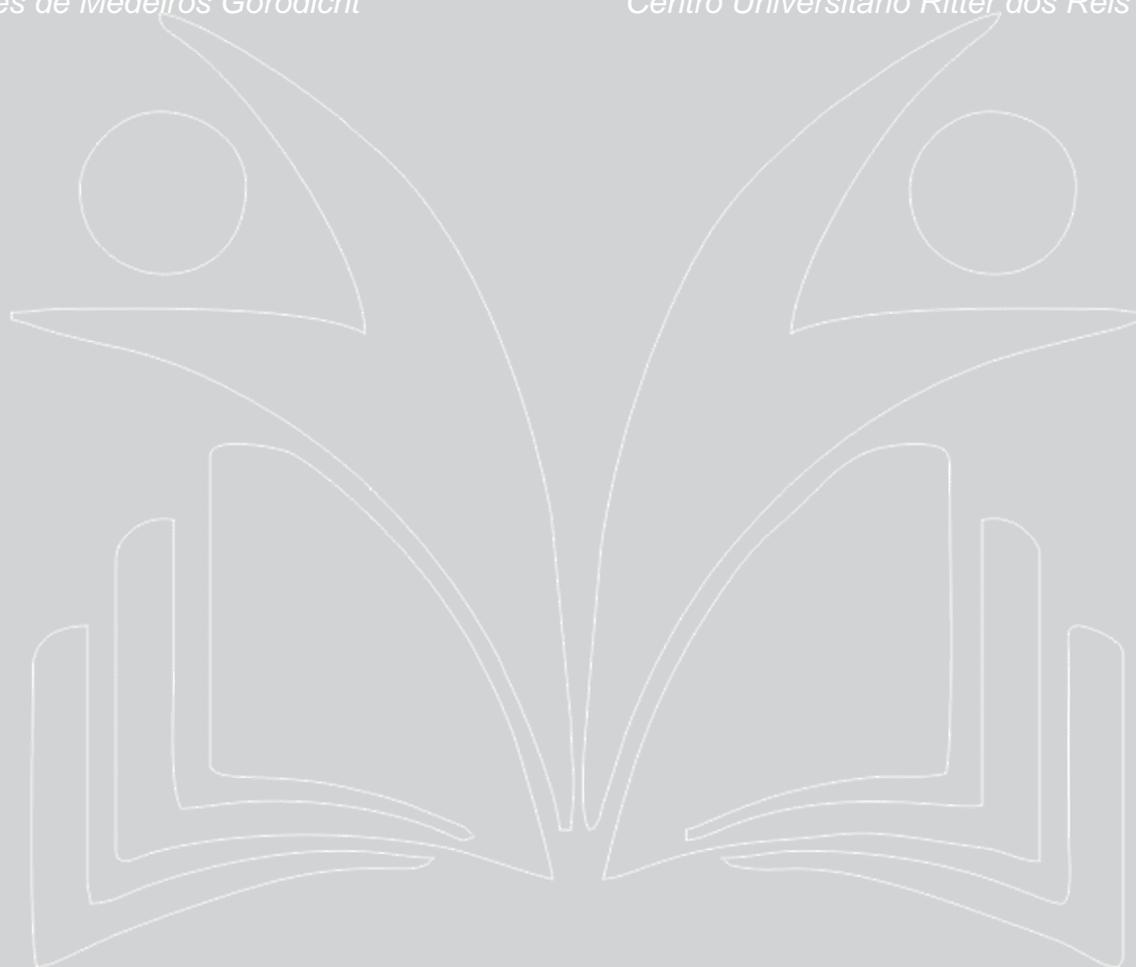
ANÁLISE DO PANORAMA ATUAL DO CONTROLE QUÍMICO DA MOSCA-DOS-CHIFRES E CARRAPATO-DO-BOI NO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Lauren Cristina Turella da Silva

Centro Universitário Ritter dos Reis (UniRitter)

Márcia Alves de Medeiros Gorodicht

Centro Universitário Ritter dos Reis (UniRitter)



Resumo: Perdas econômicas nos rebanhos causadas por ectoparasitas são muito frequentes desde muitas décadas no país. Entre os ectoparasitas de maior importância estão a mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans*) e o carrapato-do-boi (*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*). Tendo em vista o atual cenário que se encontra o país para o controle dos mesmos, o objetivo deste trabalho foi analisar e avaliar o panorama atual do controle químico da *H. irritans* e *R. (B.) microplus* nos rebanhos do Rio Grande do Sul, Brasil. A pesquisa foi desenvolvida através de questionários semi-estruturados sobre práticas de manejo e controle químico desses ectoparasitas adotadas nas propriedades.

Foram entrevistadas 88 propriedades ao redor de todo o Rio Grande do Sul. Evidenciamos neste trabalho que os organofosforados são os inseticidas de escolha para controle da mosca-dos-chifres, sendo usados em 44% das propriedades, e as lactonas macrocíclicas são os acaricidas de escolha para o carrapato-do-boi, sendo usadas em 55% das propriedades. Muitas propriedades relataram suspeita de resistência e estão utilizando mais de um princípio ativo por vez, em formas alternadas ou associadas de administração.

Alguns dos fatores que influenciam diretamente na resistência dos ectoparasitas, como frequência de uso de produtos ou diluição inadequada, estão em evidência entre as propriedades também.

Das 88 propriedades entrevistadas, 30 (35%) já suspeitam de resistência.

Palavras-chave: Ectoparasitas; mosca-dos-chifres; carrapato-do-boi; pecuária.

1. INTRODUÇÃO

Apesar dos diversos avanços frequentes, a pecuária brasileira sofre elevados prejuízos vindos de parasitoses (GRISI et al, 2014). Dessa forma, com aproximadamente 15 milhões de cabeças, o rebanho do Rio Grande do Sul enfrenta frequentemente desafios no controle de ectoparasitas, sendo a mosca-dos-chifres (*Haematobia irritans*) e o carrapato-do-boi (*Rhipicephalus (Boophilus) microplus*) de maior relevância nos rebanhos, causando prejuízos de bilhões de reais anualmente no país (GRISI et al, 2014). Visto que aproximadamente US\$ 2,58 bilhões foram gastos com antiparasitários no país nas últimas décadas (SINDAN, 2014).

O controle químico desses ectoparasitas, ao longo dos anos, está levando à uma seleção de populações resistentes, sendo assim, reduzindo a eficácia dos produtos administrados e ocasionando, por conseguinte, perdas na produtividade, como atraso no ganho de peso e maior idade ao abate, além de prejuízos com custos de manejo sanitário, uma vez que ocorre de forma abusiva e pouco criteriosa.

Com isso, ainda que a prevenção correta e controle eficaz desses ectoparasitas seja desafiadora, estratégias e práticas devem ser adotadas para reduzir suas consequências, sendo de suma importância para a produção e rentabilidade da pecuária. Dessa forma, o presente estudo objetivou fornecer um auxílio técnico aos produtores de bovinos para a implementação de programas de controle que possam minimizar os prejuízos econômicos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida aplicando 88 questionários através de entrevistas em propriedades de todo o Rio Grande do Sul (Figura 1).

Localizado ao sul do Brasil, com uma área territorial de 281.707,156 km² e 497 municípios (IBGE, 2019), o estado possui aproximadamente 15 milhões de bovinos. Além disso, o ecossistema sul rio grandense possui particularidades, havendo como clima predominante o subtropical úmido, no qual se estabelece o verão com elevadas temperaturas e um inverno rigoroso, além de chuvas bem distribuídas que, conseqüentemente, interferem no ciclo-de-vida dos ectoparasitas.

Os questionários foram baseados em modelo utilizado por Barros et al. (2012) e possuíam dados com a finalidade de obter informações quanto às características das propriedades (localização, tipo de rebanho, tamanho) e práticas de manejo para controle dos parasitos, tais como: medicamento injetável para carrapato, utilização de brinco para mosca, pour-on e banho de aspersão.

O intuito da pesquisa foi avaliar quais produtos estão sendo mais utilizados, com qual frequência e em que época do ano. Assim, avaliamos através dos relatos, a gravidade e incidência destes ectoparasitas em cada propriedade, atentando aos princípios ativos usados e a possível resistência destes ácaros e moscas aos químicos apresentados.

Os dados obtidos foram tabulados e analisados no sistema de análise quantitativo-descritivo e para cada resposta foi realizado o cálculo de porcentagem (Rosa & Arnoldi, 2006).

3. RESULTADOS

Municípios e características dos rebanhos

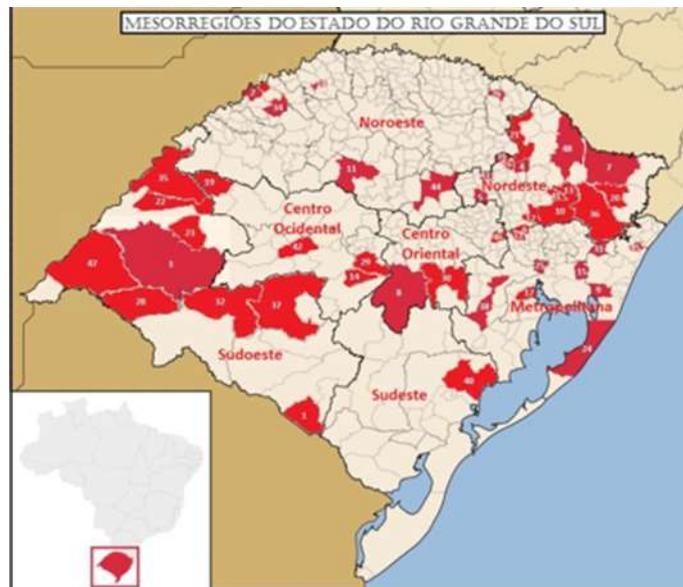


Fig.1. Mapa do Brasil com destaque para as mesorregiões e municípios onde as propriedades se localizam no Rio Grande do Sul/RS.

Número	Município	Número	Município	Número	Município
1	Aceguá (1; 1,4%)	17	Humaitá (1; 1,4%)	33	Santa Rosa (1; 1,4%)
2	Alecrim (1; 1,4%)	18	Itacurubi (1; 2,8%)	34	São Borja (1; 1,4%)
3	Alegrete (1; 9,7%)	19	Jaquirana (1; 1,4%)	35	São Francisco de Paula (1; 2,8%)
4	André da Rocha (1; 1,4%)	20	Lagoa Vermelha (1; 1,4%)	36	São Gabriel (1; 1,4%)
5	Anta Gorda (1; 1,4%)	21	Maçambará (1; 5,6%)	37	São Jerônimo (1; 1,4%)
6	Barão (1; 1,4%)	22	Manoel Viana (1; 1,4%)	38	São Jorge (1; 1,4%)
7	Bom Jesus (1; 2,8%)	23	Mostardas (1; 2,8%)	39	São Lourenço do Sul (1; 2,8%)
8	Cachoeira do Sul (1; 2,8%)	24	Nova Santa Rita (1; 1,4%)	40	São Marcos (1; 1,4%)
9	Capivari do Sul (1; 2,8%)	25	Paim Filho (1; 1,4%)	41	São Pedro do Sul (1; 1,4%)
10	Caxias do Sul (1; 4,2%)	26	Porto Mauá (1; 1,4%)	42	Serafina Correa (1; 1,4%)
11	Cruz Alta (1; 1,4%)	27	Quarai (1; 1,4%)	43	Soledade (1; 1,4%)
12	Farroupilha (1; 1,4%)	28	Restinga Seca (1; 1,4%)	44	Terra de Areia (1; 1,4%)
13	Formigueiro (1; 1,4%)	29	Rio Pardo (1; 8,3%)	45	Teutônia (1; 1,4%)
14	Glorinha (1; 1,4%)	30	Rolante (1; 1,4%)	46	Uruguaiana (1; 4,2%)
15	Guabiju (1; 1,4%)	31	Rosário do Sul (1; 1,4%)	47	Vacaria (1; 1,4%)
16	Guaíba (1; 1,4%)	32	Salvador do Sul (1; 1,4%)		

Fig. 2. Tabela dos municípios das propriedades com número e frequência de entrevistados no Rio Grande do Sul/RS.

Houveram variações quanto ao tamanho de propriedades e rebanhos entre os locais entrevistados, sendo eles de 5 a 6.000 animais. Ou seja, as propriedades apresentaram rebanhos com um mínimo de 5 e máximo de 6.000 animais, sendo que 55,5% das propriedades tinham até 300 animais. Além disso, as raças com aptidão para carne predominaram em 59,7% das propriedades no Rio Grande do Sul, compostas basicamente por raças puras europeias. Ademais, a frequência racial predominante entre os rebanhos analisados foi a raça holandesa em 27,8% das propriedades.

PERFIL DAS PROPRIEDADES QUANTO AO CONTROLE DA MOSCA-DOS-CHIFRES

Dos 88 entrevistados, 64 (72%) relataram que a mosca-dos-chifres causa prejuízos ao rebanho. Porém, apenas 43 (49%) fazem controle químico específico para esse ectoparasita.

De 43 propriedades que utilizam controle específico para a mosca-dos-chifres, 12% utilizam as lactonas macrocíclicas, 7% utilizam benzoilfeniluréia, 14% utilizam piretróide, 44% utilizam

organofosforado, 5% utilizam pirazol e 19% utilizam piretróide+organofosforado. Dessa forma, os organofosforados são os inseticidas de maior eleição entre as propriedades, totalizando 44%.

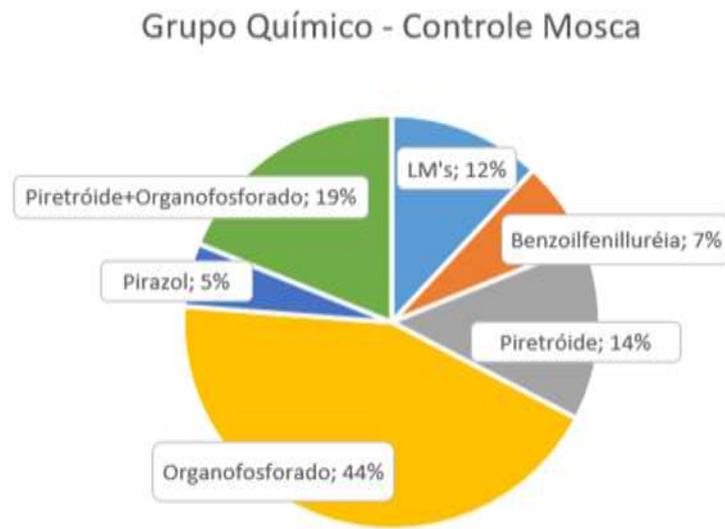


Fig. 3. Gráfico de grupos químicos mais utilizados para controle da mosca-dos-chifres no Rio Grande do Sul/RS.

As vias de administração de medicações mais utilizadas para o controle específico da mosca-dos-chifres são as aplicações de medicamentos injetáveis, pulverização por bomba costal, pour-on, e brinco nos animais. Entretanto, a via de aplicação de maior eleição pelos produtores é o brinco, seguido de pour-on, injetável e pulverização.

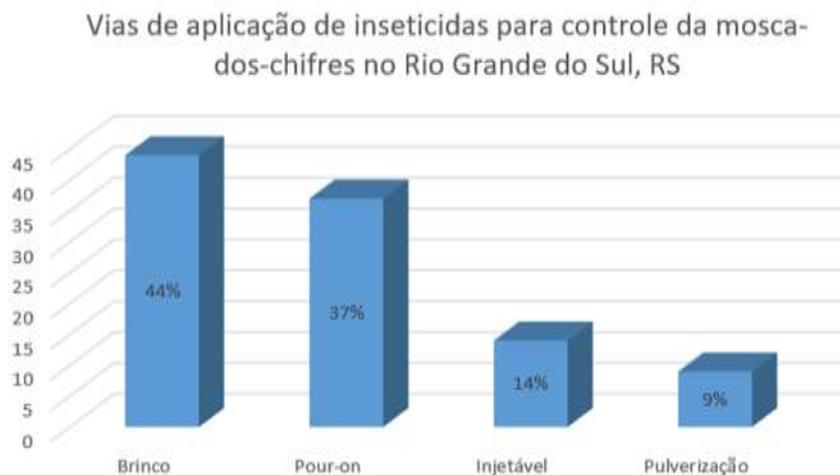


Fig. 4. Gráfico das vias de aplicação utilizadas no controle químico da mosca-dos-chifres no Rio Grande do Sul/RS.

PERFIL DAS PROPRIEDADES QUANTO AO CONTROLE DO CARRAPATO-DO-BOI

O controle do carrapato-do-boi ocorreu em maior proporção em relação ao controle da mosca-dos-chifres, sendo feito em 79 (90%) das 88 propriedades entrevistadas.

Das vias de administração das medicações, 50% das propriedades optam pelo uso do pour-on, 25% banham os animais e 25% utilizam carrapaticidas injetáveis. Porém, a utilização de mais de uma via de aplicação associada acaba sendo comum, visto que, as propriedades possuem dificuldade no controle deste ectoparasita e acabam optando por todos os métodos ao alcance, a fim de obterem um tratamento eficaz.

Com isso, 28% administram apenas por uma via (pour-on ou banho ou injetável), enquanto que 24% associam injetável com pour-on, 22% associam injetável, pour-on e banho, 16% associam pour-on e banho e 6% associam injetável e banho.

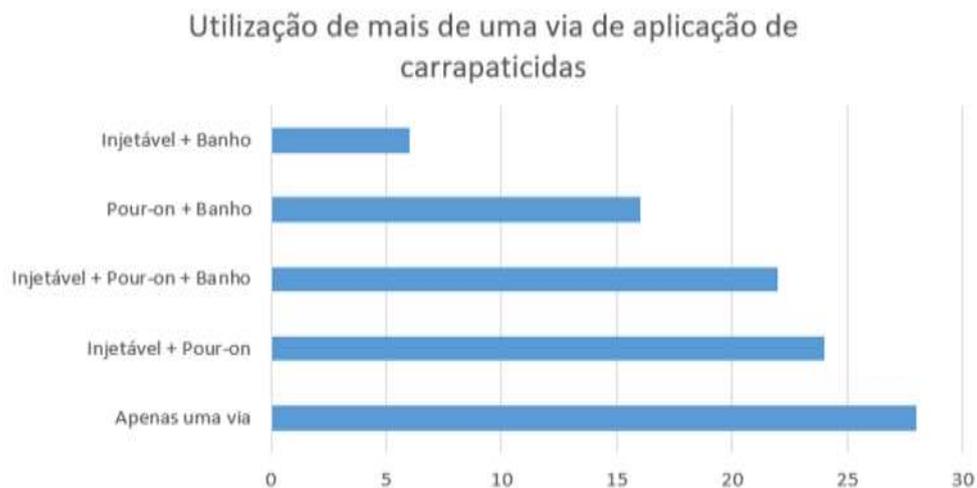


Fig. 5. Gráfico com vias de aplicação de carrapaticidas para controle do carrapato-do-boi no Rio Grande do Sul/RS.

4. DISCUSSÃO

Os produtores relataram que o verão é a época do ano com maior incidência de ectoparasitas, o que corrobora com a literatura, visto que são parasitas no qual a dinâmica populacional é influenciada pelas condições climáticas, com aumento da proliferação em temperaturas elevadas.

Devido ao período de frio intenso no Rio Grande do Sul, no inverno os carrapatos não se desenvolvem tão bem na pastagem, e por consequência, muitas vezes podem diminuir sua aparição nos animais. Sendo assim, o verão é mais favorável para infestações devido ao clima.

Cada espécie de parasita possui suas próprias características morfológicas, alimentares e de ciclo-de-vida, que são importantes para que o seu controle seja efetivo. Somente com o conhecimento destas características é possível traçar programas de manejo eficientes.

Dessa forma, podemos integrar tais conceitos para o controle da mosca-dos-chifres e do carrapato-do-boi, visto que ambos possuem particularidades em seus comportamentos.

Pensando no ciclo biológico, dispõem de momentos no qual passam parte de sua vida no ambiente (fase não parasitária), onde ocorre a oviposição e proliferação, e parte no hospedeiro (fase parasitária), sendo classificados como ectoparasitas hematófagos. Com isso, podemos utilizar técnicas de controle voltadas para cada fase do ciclo biológico desses ectoparasitas.

Muitas das propriedades entrevistadas utilizavam mais de um princípio ativo por vez, o que já nos indica uma suspeita forte de resistência aos produtos utilizados, visto que, segundo Jonsson et al. (2000) e Bianchi et al. (2003), a administração de mais de seis tratamentos durante o ano é considerado fator de risco para o desenvolvimento de resistência no carrapato-do-boi. Essa conclusão pode ser explicada pela prática indiscriminada do controle químico, uma vez que, por exemplo, a administração de subdoses contribuem para que os ectoparasitas tenham contato com as moléculas de vários fármacos e desenvolvam resistência sem serem erradicados.

Por outro lado, o tratamento sequencial com um único produto, quando feito de forma imprudente, também corrobora para o desenvolvimento de ectoparasitos resistentes.

Sendo assim, o controle estratégico é a melhor alternativa para o combate desses parasitos, feito a partir de bioensaios antes e depois do controle químico a fim de se obter a suscetibilidade da mosca-dos-chifres e carrapato-do-boi sobre os ectoparasitocidas.

Para a *H. irritans*, o grupo químico mais utilizado foram os organofosforados, com 44% dos resultados, tendo mais uso o princípio ativo de diazinon. Já para o *R. (B.) microplus*, o grupo químico mais utilizado foram as lactonas macrocíclicas, com 55% dos resultados, tendo maior frequência de uso o princípio ativo de ivermectina.

Muitos estudos demonstram que a mosca-dos-chifres apresenta alta susceptibilidade aos inseticidas organofosforados. Conforme Faser (1987), os organofosforados inibem enzimas, principalmente a acetilcolinesterase, através da fosforilação do sítio de esterificação da enzima, o que acarreta no bloqueio da transmissão colinérgica do parasito, levando-o a uma paralisia espástica. Neste trabalho

conseguimos perceber que o produtor acredita que esse grupo químico seja muito eficaz, pois relatam que os animais com brincos impregnados demonstram baixas ou até mesmo ausência de infestações.

Vivas et al. (2006), verificaram que propriedades que fazem uso das lactonas macrocíclicas, as avermectinas, correm um risco 5,92 vezes maior de possuir populações de carrapatos resistentes, do que propriedades que não utilizam. A partir das coletas de dados aqui presentes, podemos confirmar este dado bibliográfico, visto que foi possível observar que a utilização desse grupo químico é muito frequente no nosso estado e que cada vez mais as taxas de resistência se elevam.

No Rio Grande do Sul, os piretróides eram bastante utilizados até os anos 2000, porém foram substituídos pelas formamidinas nos anos seguintes, devido a ter desenvolvido resistência a piretróides nas populações de *R. (B.) microplus*. Ademais, os produtores faziam seu uso com maior frequência, em menores concentrações para o controle da mosca-dos-chifres, o que auxiliou no surgimento de resistência nessa população de ectoparasitos (Farias et al. 2008).

Fatores que influenciam diretamente nos problemas de controle desses ectoparasitas e na resistência dos mesmos, são a alta frequência de tratamentos, falta de conhecimento sobre os parasitas e seu ciclo biológico, falhas na aplicação dos produtos, diluição e administração inadequada e subdoses desses produtos (Sutherst & Comins 1997).

5. CONCLUSÕES

Diante do estudo e dados levantados neste projeto, podemos afirmar que o controle da mosca-dos-chifres e do carrapato-do-boi no Rio Grande do Sul é feito através de ectoparasiticidas químicos. Dessa forma, foram contabilizados diversos princípios ativos, os quais geralmente são utilizados em associações entre si, prática que contribui para o aumento da resistência mencionada nas propriedades. As subdoses e combinações de diversos princípios ativos, utilizados em uma mesma aplicação, podem favorecer ectoparasitas mais resistentes, provocando a imunização da população de carrapatos-do-boi e moscas-dos-chifres, contribuindo assim, para um cenário de resistência em crescimento.

Com a análise dos questionários, notou-se uma falha na realização de exames laboratoriais, como o biocarrapaticidograma, causada pela falta de interesse dos produtores e também pelo pouco acesso às informações que favorecem o uso destes tipos de testes dentro da propriedade. Com o biocarrapaticidograma, podemos verificar a eficácia das drogas usadas dentro da propriedade, uma vez que a população de carrapatos é diferente em cada local.

Para que tenhamos sucesso no controle destes ectoparasitas é de suma importância um protocolo estratégico bem organizado e idealizado particularmente para cada propriedade, assim evitamos e prevenimos a perda de eficácia das drogas devido à resistência. Com isso, estratégias e manejos adequados no controle parasitário e sanitário do rebanho devem ser tratados como prioridade. Como novos pesticidas não estão sendo desenvolvidos atualmente devido ao alto custo e dificuldades técnicas, é fundamental que sejamos mais eficazes e assertivos no controle de ectoparasitas, utilizando os princípios ativos que já temos no mercado.

Sendo assim, esse projeto tem como base iniciar a primeira parte de uma pesquisa a fim de desenvolver e colocar em prática novos testes e experimentos com os ectoparasitas citados. Visto que, pesquisas nessa área não têm sido desenvolvidas no cenário atual e é de grande valia nos aprofundarmos e estudarmos novos formatos de prevenção e execução de protocolos corretos, com o objetivo de diminuir a perda econômica relacionada às infestações por estes ácaros e moscas.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barros A.T.M., Saueressig T.M., Gomes A., Koller W.W., Furlong J., Girão E.S., Pinheiro A.C., Alves-Branco F.P.J., Sapper, M.F.M, Braga R.M. & Oliveira,A.A. 2012. Susceptibility of the horn fly, *Haematobia irritans irritans*(Diptera: Muscidae), to insecticides in Brazil. *Revta Bras.Parasitol.Vet.* 21(2):125-132.
- Bianchi M.W., Barré N. & Messad S. 2003. Factors related to cattle infestation level and resistance to acaricides in *Boophilus microplus* tick populations in New Caledonia. *Vet. Parasitol.* 25(11):1-15.
- Farias N.M., Ruas J.L. & Santos T.R.B. 2008. Análise da eficácia de acaricidas sobre o carrapato *Boophilus microplus*, durante a última década, na região do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural* 38(6):1700-1704.
- FRASER, D.; RUSHEN, J. Aggressive behavior. In: Price, E. O. *The Veterinary of Clinics of North American: Food Animal Practice*. Philadelphia: Sanders Company, p. 285-305, 1987.
- GRISI, Laerte et al . Reassessment of the potential economic impact of cattle parasites in Brazil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.*, Jaboticabal , v. 23, n. 2, p. 150-156, June 2014.
- IBGE 2019. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs/>>
- JONSSON, N.N. The productivity effects of cattle tick (*Boophilus microplus*) infestation on cattle, with particular reference to *Bos indicus* cattle and their crosses. *Veterinary Parasitology*, v.137, p.1-10, 2006.
- MASSARIOL, Péricles Boechat et al. ALTERAÇÃO DA CARGA DE MOSCAS-DOS-CHIFRES EM VACAS DA RAÇA HOLANDESA SUBMETIDAS A DIFERENTES NÍVEIS DE ALHO NA ALIMENTAÇÃO.. *Revista Brasileira de Agroecologia*, [S.l.], v. 2, n. 2, sep. 2007. ISSN 1980-9735. Disponível em: <<http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/7185>>.
- Rosa M.V.F.P.C. &Arnoldi M.A.G.C. 2006. A Entrevista na Pesquisa Qualitativa: mecanismos de validação dos resultados. *Autêntica*, Belo Horizonte.p. 112.
- SANTOS, Tânia Regina B. et al . Abordagem sobre o controle do carrapato *Rhipicephalus* (*Boophilus*) *microplus* no sul do Rio Grande do Sul. *Pesq. Vet. Bras.*, Rio de Janeiro , v. 29, n. 1, p. 65-70, jan. 2009
- SINDAN (Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Saúde Animal).Disponível em <<http://www.sindan.org.br/sd/base.aspxcontrole=8>>.
- Sutherst R.W. & Comins H.N. 1997. The management of acaricide resistance in the cattle tick *Boophilus microplus* (Canestrini) (Acari: Ixodidae) in Australia. *Bull. Entomol. Res.* 69:519-540.
- Vivas, R.I.R.2006.Prevalence and potential risk fators for organophosphate and pyrethoid resistance in *Boophilusmicroplus* ticks on cattle ranches from the State of Yucatan, México. *Veterinary Parasitology*.136:335-342.

Capítulo 4



10.37423/220205445

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL GENOTÓXICO DE EFLUENTES RESULTANTES DA PRODUÇÃO DE PAPEL E CELULOSE ATRAVÉS DAS ANÁLISES MITÓTICAS DE RAIZ DE ALLIUM CEPA

Thiago Schactae de Almeida

Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná

Nilton Cesar Pires Bione

Universidade Estadual do Centro Oeste do Paraná



Resumo: O desenvolvimento tecnológico e aumento do crescimento populacional promove a industrialização de muitos produtos que facilitam o cotidiano das pessoas e os tornam indispensáveis, como exemplo o papel, utilizado em uma infinidade de tarefas cotidianas. Sua produção exige o consumo de uma quantidade muito grande de recursos naturais como madeira e água e, conseqüentemente, produz uma quantidade igualmente alta de resíduos, muitos deles tóxicos, resultantes dos processos químicos necessários à fabricação. Vários são os poluentes resultantes das indústrias de papel e celulose e, visando caracterizar o nível de toxicidade dos efluentes produzidos, o presente trabalho analisou o índice mitótico e frequência de anormalidades mitóticas em raízes de *Allium cepa* como bioindicador. Foram realizados bioensaios de toxicidade com a exposição das raízes aos efluentes bruto, efluente tratado por coagulação/floculação e efluente tratado por processos oxidativos avançados. As análises citológicas mostraram inibições nas divisões celulares das raízes de *Allium cepa* expostas ao efluente bruto e ao efluente após o tratamento de coagulação/floculação. Já as observações citológicas feitas nas raízes expostas ao efluente tratado por processos oxidativos avançados revelaram que não houve inibição das divisões celulares, porém, houve uma grande frequência de anormalidades mitóticas mostrando ainda a capacidade citotóxica do efluente.

Palavras-chave: Avaliação genotoxicológica, *Allium cepa*, efluente industrial, papel e celulose.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento tecnológico e aumento do crescimento populacional promove a industrialização de muitos produtos que facilitam o cotidiano das pessoas e dessa maneira se tornam indispensáveis. Em atendimento a essa demanda, várias indústrias tiveram suas atividades intensificadas, e muitos problemas como ineficiência no processo produtivo e falhas no transporte e descarte inadequado de substâncias potencialmente poluidoras se tornaram um risco a saúde do meio ambiente e da população. Ainda dentro desse contexto, as indústrias que apresentam um grande consumo de água estão entre as principais responsáveis pela contaminação dos corpos d'água por produzirem igualmente grande quantidade de efluentes. Destacam-se as refinarias de petróleo, indústrias químicas, têxteis e papeleiras (FREIRE *et. al.*, 1999).

Em uma Indústria de papel e celulose a produção de efluentes está presente em praticamente todas as etapas do processo produtivo devido ao elevado consumo de água necessária a cada fase. Durante o processo, são produzidos muitos reagentes químicos, potencialmente tóxicos como clorofenóis, cloroligninas, ácidos orgânicos, resinas ácidas, dioxinas e seus derivados, somado ainda à presença de fibras celulósicas (SOARES & DURÁN, 2001; FORNO, 2006; ALMEIDA *et. al.* 2004). Tais efluentes gerados na máquina de papel são responsáveis por uma grande parcela da poluição em corpos hídricos e, devido a sua composição, aumenta muito a demanda química de oxigênio (DQO) (BARROS & NOZAKI, 2002).

Organismos vivos em contato com agentes ambientais tóxicos podem sofrer modificações a nível celular e molecular, como alterações na estrutura do DNA, resultando em aberrações cromossômicas e/ou quebras na molécula as quais podem comprometer o seu desenvolvimento ou até mesmo causar a sua morte. Muitos desses efeitos também promovem mutações que impossibilitam a célula de exercer suas funções vitais básicas e interferem nos processos de divisão celular. Tais substâncias são conhecidas como genotóxicas ou carcinogênicas (COSTA & MENK, 2000). Muitos organismos de espécies diferentes têm sido utilizados em bioensaios com o objetivo de analisar o potencial de genotoxicidade de diferentes substâncias (FERNADES, *et. al.* 2005).

Segundo MAGALHÃES e SILVA FILHO (2008) apenas análises químicas não retratam plenamente os impactos ambientais causados pelos poluentes, pois não demonstram os efeitos sobre os ecossistemas. Os testes biológicos alcançam uma maior amplitude, pois conseguem detectar a capacidade de um agente tóxico, puro ou em mistura, de causar efeitos prejudiciais aos organismos

vivos. Os bioensaios determinam com precisão os efeitos nocivos causados pela amostra em contato, porém não identificam quais os componentes tóxicos presentes são responsáveis pelas alterações.

Rodrigues (2009) descreve que os testes com resultados exclusivamente químicos apresentam limitações devido ao fato de que efluentes industriais apresentam uma variabilidade muito grande de componentes e ações como sinergismo e antagonismo acabam por prejudicar os resultados. Além disso, algumas substâncias conseguem ser tóxicas aos organismos vivos mesmo quando estão em concentrações abaixo dos limites de detecção analítica. Portanto, testes biológicos e físico-químicos ao serem aplicados juntos, de uma forma integrada, melhoram a representatividade e eficiência das análises.

A utilização de raízes vegetais em ensaios toxicológicos é muito relevante visto que tais estruturas, na grande maioria dos casos, são as primeiras a entrarem em contato com as substâncias químicas que eventualmente estão presentes na natureza. O sistema de monitoramento ambiental utilizando análises citológicas do meristema apical de raízes constitui um método sensível e rápido para avaliações. Essas avaliações podem ser realizadas através de observações macroscópicas onde se analisa o nível de crescimento radicular e visualizações a nível microscópico com estudo das células em divisão o que contribui com informações e um bom detalhamento tanto de forma quantitativa como qualitativa (FISKESJÖ, 1988).

Os organismos da espécie *Allium Cepa*, considerados excelentes bioindicadores toxicológicos, têm sido amplamente utilizados para análises de genotoxicidade de diferentes substâncias, pois apresentam uma boa confiabilidade nos resultados, podem ser avaliados durante o ano inteiro e apresentam homogeneidade tanto genética como fisiológica (FISKESJÖ, 1985; MA et al. 1995; ROA et al. 2012; LEME & MARIN- MORALES, 2008). Ressalta-se, também, que *Allium cepa* apresenta cariótipo ($2n=16$) e tamanhos de cromossomos muito satisfatórios para estudos citogenéticos. Com essas características as aberrações cromossômicas podem ser facilmente observadas e analisadas (GRANT, 1982).

Diante disso, com o objetivo de analisar os possíveis efeitos citotóxicos e genotóxicos de efluente de uma indústria de papel e celulose do Estado do Paraná, coletado diretamente da máquina de papel (água branca), foram realizados testes com a utilização de *Allium cepa* como bioindicador. Tais testes envolveram ensaios de toxicidade do efluente bruto, do efluente após tratamento por coagulação química (Coagulação/Floculação/Sedimentação, utilizando-se um *Jar-test* (PoliControl - Modelo FlocControl III) realizado no laboratório de Saneamento Ambiental e Qualidade da Água da

Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO, Campus Irati), e após tratamento por Processos Oxidativos Avançados (POA), realizado no laboratório de Química da mesma Instituição.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL:

- Avaliar o efeito genotóxico do efluente da indústria de papel e celulose obtido de uma indústria do Estado do Paraná coletado diretamente da máquina de papel (água branca) sem nenhum tipo de tratamento, após o tratamento de coagulação química realizado no laboratório de Saneamento Ambiental e Qualidade da Água da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO, Campus Irati), e após tratamento por Processos Oxidativos Avançados (POA), realizado no laboratório de Química da mesma Instituição, através de análises citológicas das raízes de *Allium cepa*.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o grau de crescimento das raízes de *Allium cepa* sob influência dos efluentes bruto e tratado;
- Identificação e contagem das diferentes fases da divisão mitótica e das possíveis alterações no material genético das células expostas aos efluentes citados.

3. METODOLOGIA

3.1. COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO

O equipamento empregado para o tratamento de coagulação, floculação e sedimentação foi o *Jartest* (PoliControl - Modelo FlocControl III), com seis jarros de acrílico com capacidade de dois litros cada e regulador de rotação das hastas misturadoras. Foram estabelecidas condições para mistura rápida (adição do coagulante) gradiente de velocidade médio (floculação) e os tempos de sedimentação.

A metodologia utilizada nos ensaios em equipamento *jartest* segundo Di Bernardo (2002) foi realizada da seguinte maneira: Os jarros foram preenchidos com 2 L do efluente em estudo, ligou-se o aparelho em mistura rápida e adicionou-se a dosagem de coagulante. Em seguida, o efluente foi submetido à floculação em mistura lenta. Após isso, a água floculada foi mantida em repouso para a sedimentação dos flocos, depois da qual as amostras foram coletadas em tempos previamente estabelecidos, em função das velocidades de sedimentação empregadas.

Para este experimento foi utilizado um coagulante à base de Tanino. Os ensaios realizados demonstraram que se obtém um melhor resultado no tratamento de coagulação e floculação utilizando-se 200 gramas do coagulante e 20 minutos de mistura lenta.

3.2. PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS (POA)

O experimento foi realizado segundo o método utilizado por Bacchiega (2018) utilizando-se um reator com capacidade de 300 mL, sendo ele refrigerado por água e com um sistema de agitação magnética. Para o processo foto-Fenton, utilizou-se uma lâmpada a vapor de mercúrio de 125 W, inserida dentro da solução e envolta por um bulbo de quartzo. Para fins de segurança, o reator foi mantido dentro de uma caixa, evitando a exposição dos olhos à radiação UV.

Utilizou-se como reagentes o Peróxido de hidrogênio, o sulfato de ferro heptahidratado e ácido sulfúrico (para correção do pH=3).

Após a correção de pH, o reator foi alimentado com 250 mL do efluente pós coagulação e floculação e inserido a lâmpada a vapor de mercúrio. Iniciou-se o resfriamento à água e a agitação magnética com posterior adição de sulfato de ferro heptahidratado e solução de peróxido de hidrogênio, finalizando-se com o acionamento da lâmpada. A reação ocorreu durante 60 minutos, e foram utilizados 200 mg/L de peróxido de hidrogênio e 10 mg/L de ferro em pH=3.

3.3. BIOENSAIO

O efluente em estudo foi fornecido pelo laboratório de Saneamento Ambiental e Qualidade da Água da Universidade Estadual do Centro-Oeste (UNICENTRO, Campus Irati), originado da máquina de papel (água branca) de uma indústria de papel e celulose do estado do Paraná. Para análise da toxicidade desse efluente foram utilizados como organismos-teste bulbos de *Allium cepa* adquiridos na Feira do Produtor Iratiense. Foram selecionadas 12 (doze) cebolas de tamanhos e pesos semelhantes para a montagem do experimento. Cada bulbo foi colocado em um recipiente de vidro e suas regiões meristemáticas expostas à água destilada por um período de 96 (noventa e seis) horas para que novas raízes germinassem e atingissem cerca de 2 (dois) centímetros para serem expostas aos diferentes tratamentos (Figura 1).

Após a germinação em água destilada e o surgimento de novas raízes, os bulbos de *Allium cepa* foram divididos em 5 (cinco) grupos de 3 (três) organismos e expostos aos diferentes tratamentos por 48 (quarenta e oito) horas. Um grupo foi exposto ao controle negativo (água destilada), outro ao controle

positivo (dicromato de potássio 1,40 mg.L⁻¹), outro ao efluente bruto, outro ao efluente tratado por coagulação química e um último grupo foi exposto ao efluente proveniente do tratamento por Processos Oxidativos Avançados. Após 48 (quarente e oito) horas, as soluções foram descartadas e todos os tratamentos foram expostos novamente à água destilada por 24 (vinte e quatro) horas para recuperação. Após esse período, as raízes de cada exemplar de *Allium cepa* foram coletadas com um tamanho de aproximadamente 2,0 (dois) cm e colocadas em solução fixadora composta de álcool e ácido acético em uma proporção de 3:1 (v/v) por 24 (vinte e quatro) horas a temperatura ambiente e depois transferidas para frascos contendo álcool 70% e acondicionadas em freezer até o momento das análises.

Para análises citológicas foram escolhidas aleatoriamente três raízes de cada bulbo de cada ensaio. As lâminas foram confeccionadas pela técnica de esmagamento e coradas com carmim propiônico 1%. Para o índice mitótico, 1000 células por raiz foram analisadas e para as análises do comportamento mitótico, uma média de 100 células por fase em cada raiz. Todas as anormalidades foram consideradas e fotografadas com fotomicroscópio Olympus no Laboratório de toxicologia do DENAM/I.



Figura 1: Montagem dos ensaios. Da esquerda para direita: efluente bruto, efluente pós coagulação/floculação, controle positivo, efluente pós P.O.A. O controle positivo foi feito por coleta de raízes anteriormente a exposição aos tratamentos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. COMPARAÇÃO ENTRE OS TRATAMENTOS

5.1.1. ANÁLISE DOS INDÍCES MITÓTICOS

A frequência de células em divisão (Tabela 1) analisadas nos diferentes tratamentos revelou inibição total de mitoses nos Ensaios 1 e 2, correspondente aos tratamentos utilizando-se o efluente bruto e efluente após ser tratamento de coagulação e floculação, respectivamente. Das 9000 (nove mil) células analisadas em cada um dos ensaios, não foram verificadas a presença de quaisquer uma das fases mitóticas características.

O Controle Negativo foi o tratamento que apresentou um maior número de células em divisão mitótica. Observou-se que cerca de 5% das suas células analisadas se mostraram em alguma fase mitótica característica de metáfase, anáfase ou telófase.

Desconsiderando os ensaios que apresentaram inibições, o Controle Positivo exibiu o menor dos índices mitóticos observados. Pouco mais de 3% das células analisadas encontravam-se em mitose durante a contagem.

Com um índice mitótico intermediário, em relação aos Controles Negativo e Positivo, o Ensaio 3, correspondente ao tratamento por Processos Oxidativos Avançados, apresentou uma frequência de cerca de 4,44% de suas células em divisão.

Tabela 1. Índice mitótico: número de células analisadas e frequência de células em divisão mitótica em cada um dos tratamentos realizados.

Tratamentos	Total de células contatas	Nº de células em divisão	(%) de células em divisão
Controle negativo	9000	459	5,1
Controle positivo	9000	320	3,5556
Ensaio 1 (Efluente Bruto)*	9000	0	0
Ensaio 2 (Coagulação/floculação)*	9000	0	0
Ensaio 3 (P.O.A)	9000	400	4,4444

*Tratamentos que inibiram a divisão celular.

5.1.2. FREQUÊNCIA DE ANORMALIDADES MITÓTICAS

Com exceção dos ensaios 1 e 2 que apresentaram inibição mitótica, os demais tratamentos apresentaram frequências de anormalidades mitóticas variadas conforme tabela 2. Dentre as

anormalidades mitóticas destacam-se, anormalidades segregacionais, C-metáfases, cromossomos não organizados na placa equatorial da célula em metáfase, polifusos e pontes cromossômicas em anáfases (Figura2).

Tabela 2. Número de células analisadas e porcentagem de anormalidades mitóticas por tratamento

	Controle negativo	Controle positivo	Ensaio 1 (efluente bruto)*	Ensaio 2 (efluente tratado: coag/floc)*	Ensaio 3 (efluente tratado POA)
Número de células analisadas/ (%) anormais	3600/9,8	3600/18,6	-	-	3600/25,25

*Tratamentos que inibiram a divisão celular.

O aparecimento de células com alguma anormalidade mitótica no ensaio com o Controle Negativo foi evidente, mostrando que a frequência de anormalidades total praticamente dobra ao se analisar os resultados obtidos com o Controle Positivo. O efluente tratado por Processos Oxidativos Avançados (POA), por fim, apresentou um grande aumento na frequência de células com alguma anormalidade durante a mitose em relação ao Controle Positivo, porém, não apresentou inibições como nos Ensaios 1 e 2.

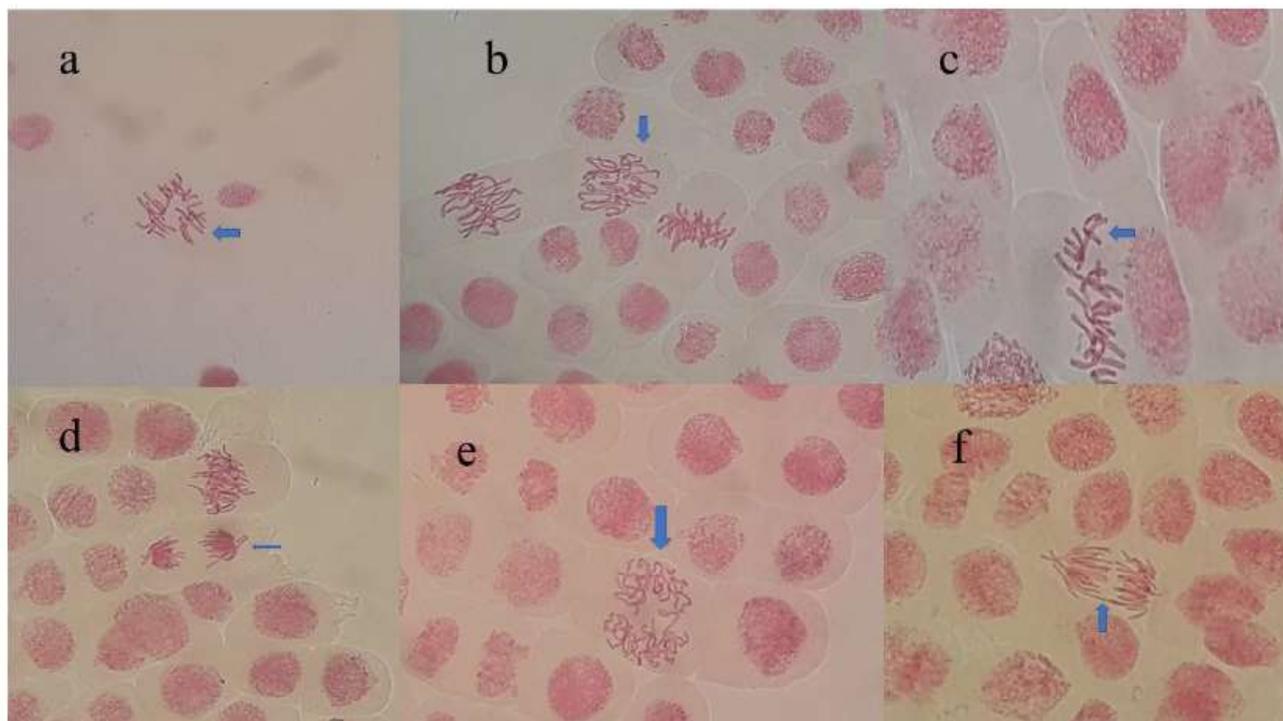


Figura 2: Células de *Allium cepa* observadas durante as análises citológicas resultantes da exposição ao efluente tratado por Processos Oxidativos Avançados. A) Cromossomos em ascensão precoce durante a metáfase. B) C-metáfase. C) Cromossomos não congregados a placa metafásica. D) Cromossomo em ascensão precoce durante a anáfase. E) Polifusos durante a anáfase. F) Ponte cromossômica durante a anáfase.

A Tabela 3 mostra a porcentagem de anormalidades mitóticas observadas em cada uma das fases para cada tratamento. Desta forma, nota-se que a Prófase foi a fase que apresentou menor frequência de anormalidade cromossômicas, com uma porcentagem demasiadamente pequena de anormalidades quando comparada com as demais fases mitóticas em todos tratamentos que apresentaram divisões celulares.

A Metáfase apresentou uma frequência de anormalidades baixa nos Controles Negativo e Positivo, com uma frequência 2,9 e 2,4%, respectivamente. Muito inferior quando se comparado com o ensaio 3, onde a frequência chegou à 8,9%, porém, ainda é uma presença relativamente baixa quando se comparado com as fases Anáfase e Telófase.

Tabela 3. Número de células analisadas e porcentagem de anormalidades por fase da mitose nos diferentes tratamentos

Tratamento	Prófase	Metáfase	Anáfase	Telófase	Total de Células Analisadas	(% Total de Células Anormais)
	Número de células analisadas- (%) anormais					
Controle Negativo	900-0	900-2,9	900-30,3	900-6	3600	9,8
Controle Positivo	900-0,9	900-2,4	900-49,5	900-21,5	3600	18,6
Ensaio 1 (efluente bruto)*	-	-	-	-	-	-
Ensaio 2 (efluente tratado: coag/floc)*	-	-	-	-	-	-
Ensaio 3 (efluente tratado POA)	900-0,1	900-8,9	900-59,7	900-32,3	3600	25,25

*Tratamentos que inibiram a divisão celular.

A Anáfase foi a fase com maior frequência de anormalidades mitóticas. Mesmo no Controle Negativo, cerca de 30% das células analisadas apresentaram anormalidades. Já no controle positivo e no ensaio 3 as frequências de anormalidades foram bem altas, cerca de 50 e 60% das células analisadas, respectivamente.

Por fim, a Telófase, mostrou um aparecimento menor de anomalias quando se comparado com a Anáfase, porém, com uma frequência maior do que as fases Prófase e Metáfase. Notou-se que no Controle Positivo houve um aumento significativo de anormalidades, chegando a quase quadruplicar a porcentagem de anomalias do Controle Negativo. O ensaio 3 apresentou uma maior frequência de células anormais, chegando ao índice de pouco mais de 30% das células analisadas.

5.2. DISCUSSÃO

5.2.1. EFLUENTE BRUTO

As análises citológicas feitas a partir do ensaio utilizando o efluente bruto revelou a inexistência de células em quaisquer das fases mitóticas (Figura 2), o que demonstra total inibição da capacidade de divisão celular evidenciando-se, assim, a toxicidade presente neste efluente.

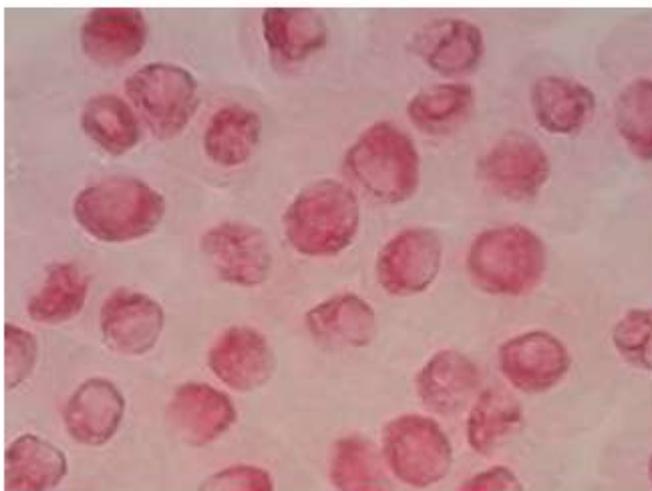


Figura 3. Aspectos citológicos da raiz de *Allium cepa* exposta ao efluente bruto mostrando ausência de células em divisão mitótica.

Os efluentes que são gerados a partir dos processos de síntese da polpa de celulose e do papel, produzem um efluente final contendo substâncias com toxicidade muito elevada à fauna e flora aquática. É comum encontrar a presença de cloreto de cálcio e o bissulfito de sódio usados no branqueamento e beneficiamento da pasta celulósica, cujas toxicidades são elevadas. Outras características encontradas nestes efluentes são: alta demanda biológica de oxigênio (DBO), demanda química de oxigênio (DQO), compostos organoclorados (AOX), sólidos suspensos, ácidos graxos, taninos, resinas ácidas, lignina e seus derivados, enxofre e compostos sulfurosos, entre outros (BACCHIEGA, 2018).

Outro composto presente em efluentes provenientes da indústria de papel e celulose é o Fenol. Bacchiega (2018) caracterizou amostras de efluente bruto e encontrou uma concentração de 134 mg/L de fenol. Segundo Britto e Rangel¹ (2008 citado por BACCHIEGA, 2018) “os compostos fenólicos são tóxicos para a vida aquática e conferem sabor e odor à água” além de serem tóxicos aos seres humanos, é um contaminante de elevado risco ao meio ambiente (OLIVEIRA, 2015). “O fenol e seus derivados são um risco para o homem e animais, pois ao penetrarem na célula são metabolizados e

levam à formação de radicais livres e metabólitos eletrofílicos que podem se ligar ao DNA” (MICHALOWICZ², 2010 citado por OLIVEIRA, 2015).

De acordo com o a resolução do CONAMA 430 (2011) que dispõe das condições e padrões de lançamento de efluente, o valor máximo permitido para o lançamento de fenóis em corpos hídricos, é de 0,5 mg/L. Evidenciando que a concentração de fenol encontrada no efluente bruto está muito acima do aceitado pela Legislação Brasileira, desta forma, necessita-se de tratamento para sua destinação correta.

Estudos conduzidos por Roa, Yeber e Venegas (2012), mostraram que ao ser exposta a região meristemática da *A. cepa* às concentrações altas do efluente, principalmente em concentração inicial de 100%, houve inibição do meristema apical da raiz da cebola assim como observado neste estudo. Desta forma, mostra-se o potencial citotóxico do efluente. No entanto, Stockler (2013), demonstrou que o efluente bruto não manifestava toxicidade aguda de modo significativo, através de bioensaios utilizando *L. sativa* e *A. salina*. Porém, ao realizar o ensaio citotóxico e avaliar o índice mitótico das células de raízes de *A. cepa*, foi observado o aparecimento de efeito subletal.

No trabalho proposto por Enumo (2006), foram feitas diluições do efluente (0,1; 12; 50; 100%) e tempos de exposição de 24 e 72 horas. O índice mitótico observado mostrou que para a concentração de 0,1% houve uma redução significativa, porém, para as demais diluições (12, 50 e 100%) evidenciou-se um aumento considerável, em relação ao controle negativo, em ambos os períodos de exposição. Mas ao analisar as frequências de anomalias durante as fases mitóticas, foi observado um crescente aparecimento de aberrações cromossômicas de acordo com o aumento da concentração do efluente. Sendo assim, o ensaio que utilizou o efluente bruto (concentração de 100%) obteve o maior aparecimento de anomalias cromossômicas, atingindo sua maior frequência na exposição de 72 horas.

5.2.2. COAGULAÇÃO E FLOCULAÇÃO

Os resultados observados durante as análises citológicas após o tratamento de coagulação e floculação, mostraram-se, ainda, com uma presença muito elevada de compostos tóxicos. Que por sua vez, provocaram a inibição da divisão celular (Figura 4).

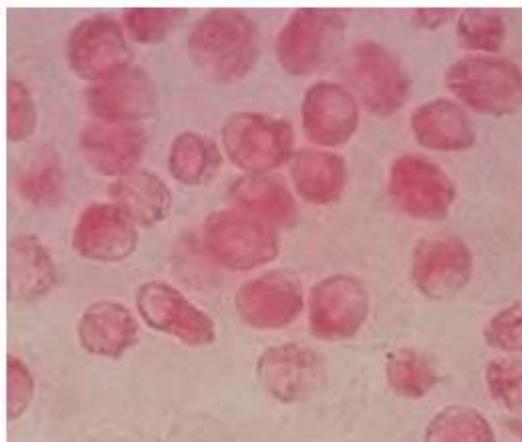


Figura 4. Aspectos citológicos da raiz de *Allium cepa* exposta ao efluente tratado por coagulação e floculação mostrando ausência de células em divisão mitótica.

A coagulação é utilizada como método de remoção do material em suspensão ou coloidal, sendo este último o responsável pela presença de cor e turbidez de uma amostra. Os coloides têm uma faixa de tamanho entre 1 nm (10^{-7}) à 0,1 nm (10^{-8}). As partículas coloidais são incapazes de se sedimentarem por processos de tratamento físicos convencionais, sendo preciso então, alterar algumas características por meio da coagulação, floculação e sedimentação (ou flotação), de modo a desestabilizar as partículas coloidais e neutralizar a repulsão entre os coloides, permitindo a aglomeração e a sedimentação dos mesmos por meio de colisões entre as partículas. Deste modo, o processo de coagulação/floculação pode ser utilizado como um pré-tratamento anterior ao tratamento biológico para reduzir a carga orgânica contida no efluente (WIMMER, 2007).

Já a floculação é um processo onde as partículas desestabilizadas agregam-se, formando flocos, que através da agitação contínua colidem-se uns aos outros, e assim, formando flocos cada vez maiores e mais densos (DUALIBI, 2010).

Este tratamento químico não costuma ser utilizado como tratamento primário, mas sim como um tratamento terciário em indústrias de papel e celulose para a clarificação das águas pelo arraste do material finamente dividido em suspensão. Sua eficiência é influenciada por muitos fatores, como o tipo de agente coagulante, a dosagem utilizada, o pH da solução, tal como a natureza e concentração de compostos orgânicos presentes. O sulfato férrico, por exemplo, alcança uma eficiência de remoção de 92 e 97% em relação à cor e turbidez, respectivamente, porém, apenas cerca de 20% da DQO é removida (TAMBOSI, 2005). Já o sulfato de alumínio, auxiliado pela adição de um polieletrólito para ajudar na formação e sedimentação dos flocos, atinge uma eficiência de 46,456% na remoção de DBO, 95,7% na remoção de sólidos suspensos e 90,7% de remoção de óleos e graxas (WIMME, 2007).

De acordo com o estudo conduzido por Zunino (2006), utilizando-se tilápias (*Oreochromis niloticus*) machos e fêmeas, foram expostos ao efluente proveniente do final do processo de produção de branqueamento da polpa celulósica, porém, tratado por processos biológicos (lagoas aeradas). Foi constatado que mesmo após o tratamento e em uma diluição de 1/100, o efluente ainda continha potencial tóxico, causando desregulação endócrina nos peixes expostos. As consequências deste efeito podem resultar em alterações nos seus processos reprodutivos, levando a gerar populações com predominância de um sexo. Apesar de não ocorrer a morte dos indivíduos expostos, pode-se chegar a dizimar uma população por conta de seus efeitos da desregulação endócrina.

Como visto no trabalho de Chaparro (2010), os tratamentos normalmente encontrados em indústrias de papel e celulose, contemplam os tratamentos primário (filtração, sedimentação, flotação) e tratamento secundário (lodos ativados, reator UASB, etc). Desta forma, considerando o que foi descrito acima, subentende-se que há uma permanência de tóxicos diluídos no efluente, isto é, após o tratamento secundário. Logo, há uma concentração ainda mais elevada de contaminantes contidos no efluente após o tratamento primário, o que compreende os processos de coagulação e floculação.

5.2.3. POA

Neste ensaio, observou-se a ausência de inibição celular. No entanto, foi notado que, em comparação aos Controles Negativo e Positivos, houve aumento significativo da frequência de anormalidades mitóticas durante as etapas de divisão celular evidenciando-se, assim, a presença de compostos tóxicos no efluente após os tratamentos de Coagulação e Floculação e Processos Oxidativos Avançados.

De acordo com Bacchiega (2018), o processo foto-Fenton obteve uma eficiência de remoção de 87,80% da cor, 90,70% da DQO total e 100% do fenol. Indicando que há uma grande remoção do fenol por conta deste tratamento, porém, há a permanência de outros compostos associados à composição da cor e do carbono orgânico total contido no efluente. Em seu trabalho com *Lactuca sativa*, Giroletti (2017) demonstrou que uma dosagem de 200 mg/L de peróxido de hidrogênio ao expor o efluente por 5 minutos de irradiação houve um efeito inibitório de 54,5% no crescimento da raiz, com 10 minutos a redução foi de 42% e aos 15 minutos 9,6%. Após 30 minutos de irradiação os efeitos inibidores do crescimento da raiz desapareceram.

No trabalho de Chaparro (2010), observa-se através de bioensaios com *Daphnia similis* que, após o tratamento biológico seguido de processos oxidativos avançados, há uma ausência do efeito tóxico

agudo. Porém, nas análises utilizando *A. cepa*, notou-se que, apesar dos resultados não demonstrarem efeitos genotóxicos, citotóxicos e mutagênicos significativos, foram observados um aumento nos efeitos genotóxicos e citotóxicos ao comparar-se com o controle negativo e com o ensaio conduzido com o efluente tratado num biorreator Rahlf. Evidenciando-se assim a necessidade de uma melhor investigação dos subprodutos formados após aplicação do P.O.A.

Stockler (2013) constatou que após ensaios comparativos com amostras de efluente bruto e tratado por P.O.A, uma redução significativa de toxicidade em cerca de 30% para *A. cepa*, 10% para *Artemia salina* e 15% para *Lactuca sativa*. Destaca-se neste experimento que o ensaio utilizando o efluente bruto, houve a manifestação de um efeito subletal. Porém, não foi constatado a formação de subprodutos tóxicos durante o tratamento.

6. CONCLUSÃO

O efluente produzido a partir dos processos de produção de papel e celulose possuem, notavelmente, uma toxicidade extremamente elevada. Desta forma, podendo acarretar em danos ambientais muito graves caso este efluente não seja devidamente tratado antes do seu descarte.

Através das análises citológicas feitas neste trabalho, fica evidente a elevada toxicidade do efluente bruto, o qual produziu uma inibição da divisão celular, agredindo as células de tal forma que elas perderam suas características mitóticas. O efluente proveniente do tratamento de coagulação e floculação, o qual foi utilizado um coagulante a base de Tanino com o intuito de produzir um efluente menos tóxico que aqueles tratados por coagulantes sintéticos, também mostrou uma elevada toxicidade. As análises citológicas feitas a partir das células expostas a esse efluente, indicaram uma inibição da divisão celular, além de modificações na estrutura celular. Tanto o efluente bruto como o tratado por coagulação e floculação exibiram padrões semelhantes da estrutura celular, o que indica haver pouca ou nenhuma redução de toxicidade do efluente através deste tratamento, desta forma, indicando que este método de tratamento tem por base a recuperação de padrões estéticos do efluente, removendo sua cor, turbidez e sólidos contidos. Já as análises feitas a partir das células expostas ao efluente tratado por processos oxidativos avançados mostraram uma significativa melhora, recuperando sua forma comumente observadas nas células meristemáticas de *Allium cepa*. Porém, seus índices mitóticos, quando comparados com os controles negativo e positivo, revelaram que algum composto presente neste efluente produziu um efeito estimulante, superando assim os índices mitóticos observados nos controles. Também foi possível observar que as frequências de

anomalias mitóticas se elevaram quando comparadas com o controle positivo, mostrando que o efluente ainda possui uma determinada citotoxicidade.

Este trabalho não pôde concluir qual ou quais elementos tóxicos, responsáveis pela alta frequência de anormalidades mitóticas, permaneceram ou foram produzidos após o tratamento por processos oxidativos avançados. Diante disso, se faz necessário a realização da caracterização química do efluente.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, E.; ASSALIN, M. R.; ROSA, M. A.; DURÁN, N. Tratamento de efluentes industriais por processos oxidativos na presença de ozônio. *Química Nova*, v. 27, n.5, p. 818-824, 2004.

BARROS, M. J.; NOZAKI, J. Redução de Poluentes de Efluentes das Indústrias de papel e Celulose pela Floculação/coagulação e Degradação Fotoquímica. *Química Nova*, v. 25, p. 729-741, 2002.

BACCHIEGA, A. P. Remoção de fenol de efluente de papel e celulose utilizando microfiltração seguido de processo foto-Fenton. 57 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – setor de Ciências Florestais, Universidade Estadual do Centro-Oeste, Irati, 2018.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

¹ BRITTO, J. M.; RANGEL, M. C. Processos avançados de oxidação de compostos fenólicos em efluentes industriais. *Quim. Nova*, Vol. 31, No. 1, 114-122, 2008.

CHAPARRO, A. T. R. Tratamento de efluentes de branqueamento de polpa celulósica em reator anaeróbio seguido de processo oxidativo avançado. 154 p. Tese (Doutorado em Engenharia hidráulica e saneamento) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

COSTA, R. M. A.; MENCK, C. F. M. Emprego de bioindicadores no monitoramento ambiental. *Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento*, v. 12, p. 24 – 26, 2000.

DI BERNARDO, L.; DI BERNARDO, A.; CENTURIONE FILHO, P. L. Ensaio de

Tratabilidade de Água E Dos Resíduos Gerados Em Estações de Tratamento De Água.

São Carlos: Rima, 233 p. 2002.

DUALIBI, A. N. Estudo comparativo da influência do sulfato de alumínio líquido e sulfato de alumínio granulado na turbidez, cor e no volume de resíduo gerado no tratamento de águas. 55 p. Trabalho de Graduação (Bacharelado em Química) – departamento de Química, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

ENUMO, V. H. Avaliação da citotoxicidade, genotoxicidade e estresse oxidativo de efluentes de uma indústria de papel e celulose de Santa Catarina em *Allium cepa*. 100 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

FERNANDES, T.C.C. Investigação Dos Efeitos Tóxicos, Mutagênicos e Genotóxicos do Herbicida Trifluralina, Utilizando *Allium cepa* e *Oreochromis niloticus* como sistemas-testes. 2005. 211 f. Dissertação (Mestrado biologia celular e molecular) – Universidade Estadual Paulista, São Paulo 2005.

FISKESJÖ, G. The Allium test as a standard in environmental monitoring. *Hereditas*, v.102, p.99-112, 1985.

FORNO, R. G. Avaliação da poluição do Solo por Derivados de Petróleo e sua Remediação. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Paraná, Paraná 2006.

FREIRE, R.S.; PELEGRINI, R. T.; PERALTAZAMORA, P.; KUBOTA, L. T; DURAN, N. Novas tendências para o tratamento de resíduos industriais contendo espécies organocloradas. *Química Nova*, São Paulo, v. 23, n.4, p. 504-511, 2000.

GIROLETTI, C. L. Processo oxidativo avançado UV/**H₂O₂** aplicado como pós-tratamento de águas residuárias da indústria de papel e celulose. 85 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

MA, T.-H; XU, Z.; XU, C.; McCONNELL, H.; RABAGO, E.V.; ARREOLA, G.A.; ZHANG, H. The improved Allium/Vicia root tip micronucleus assay for clastogenicity of environmental pollutants. *Mutation Research*, v.334, p.185-195, 1995.

MAGALHÃES, D. P.; SILVA FILHO, A. F. A Ecotoxicologia como Ferramenta no Biomonitoramento de Ecossistemas Aquáticos. *Oecologia Brasiliensis*, v. 12, p. 355-381, 2008.

² MICHALOWICZ, J.; DUDA, D. Phenols - Sources and Toxicity. *Polish Journal of Environmental Studies* 2007, 16, 347.

NGAMLERDPOKIN, K.; KUMJADPAI, S; CHATANON, P.; TUNGMANEE, U.; CHUENCHUANCOM, S.; JARUWAT, P.; LERTSATHITPHONGS, P; HUNSOM, M. Remediation of biodiesel wastewater by chemical- and electro-coagulation: a comparative study. *Journal of Environmental Management* 92, 2454-2460, 2011.

OLIVEIRA, P. H. R. Métodos de Preparação Industrial de Solventes e Reagentes Químicos. *Revista Virtual de Química*, Niterói-RJ, v. 7, n. 4, p. 1579-1593, abril de 2015.

PERON, A. P.; CANESIN, E. A.; CARDOSO, C. M. V. Potencial Mutagênico das Águas do Rio Pirapó (Apucarana, Paraná, Brasil) em Células Meristemáticas de Raiz de Allium cepa L. *Revista Brasileira de Biociências*.

ROA, O.; YEBER, M. C.; VENEGAS, W. Genotoxicity and toxicity evaluations of ECF cellulose bleaching effluents using the Allium cepa L. Test. *Brazilian Journal of Biology*, v. 72, n. 3, p. 471-477, 2012.

SILVA, J.; ERDTMANN, B.; HENRIQUES, JAP. *Genética Toxicológica*. Porto Alegre: Alcance, 2003.

SOARES, C.H.L. & DURÁN, N. (2001) Biodegradation of chlorolignin and lignin-like compounds contained into E1-pulp bleaching effluent by fungal treatment. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, v. 82, n. 3, p. 956-968

STOCKLER, G. L. Avaliação da toxicidade de efluente kraft após tratamento por processos oxidativos avançados. 29 p. Trabalho de Graduação (Tecnólogo em Processos Ambientais) – departamento de Química e Biologia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

TOMBOSI, J. L. Remediação de efluente da indústria de papel e celulose por processos oxidativos avançados e coagulação férrica. 110 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

TORREZANI, C. N. Efeitos Genotóxicos da Fração Solúvel do Biodiesel pata uma Espécie de Peixe Neotropical. Dissertação de Mestrado Licenciada em Ciências Biológicas) pelo Centro Universitário Filadélfia – UNIFIL, 2009.

WIMMER, A. C. S. Aplicação do processo eletrolítico no tratamento de efluente de uma indústria petroquímica. 195 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais) – departamento de Ciência dos Materiais e Metalurgia, Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2007.

ZUNINO, P.A.A. Avaliação da desregulação endócrina em peixes expostos a efluente de indústria de papel e celulose. 62 p. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia Ambiental) – centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

Capítulo 5



10.37423/220205448

EDUCAÇÃO INCLUSIVA EM ESPAÇOS NÃO FORMAIS: PRÁTICAS DE INCLUSÃO PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS NO CENTRO DE CIÊNCIAS PLANETÁRIO DO PARÁ (CCPP)

ANA CLAUDIA DA CUNHA MIRANDA

*Universidade Federal do Sul e Sudeste do
Pará*

LUCIANA DE NAZARÉ FARIAS

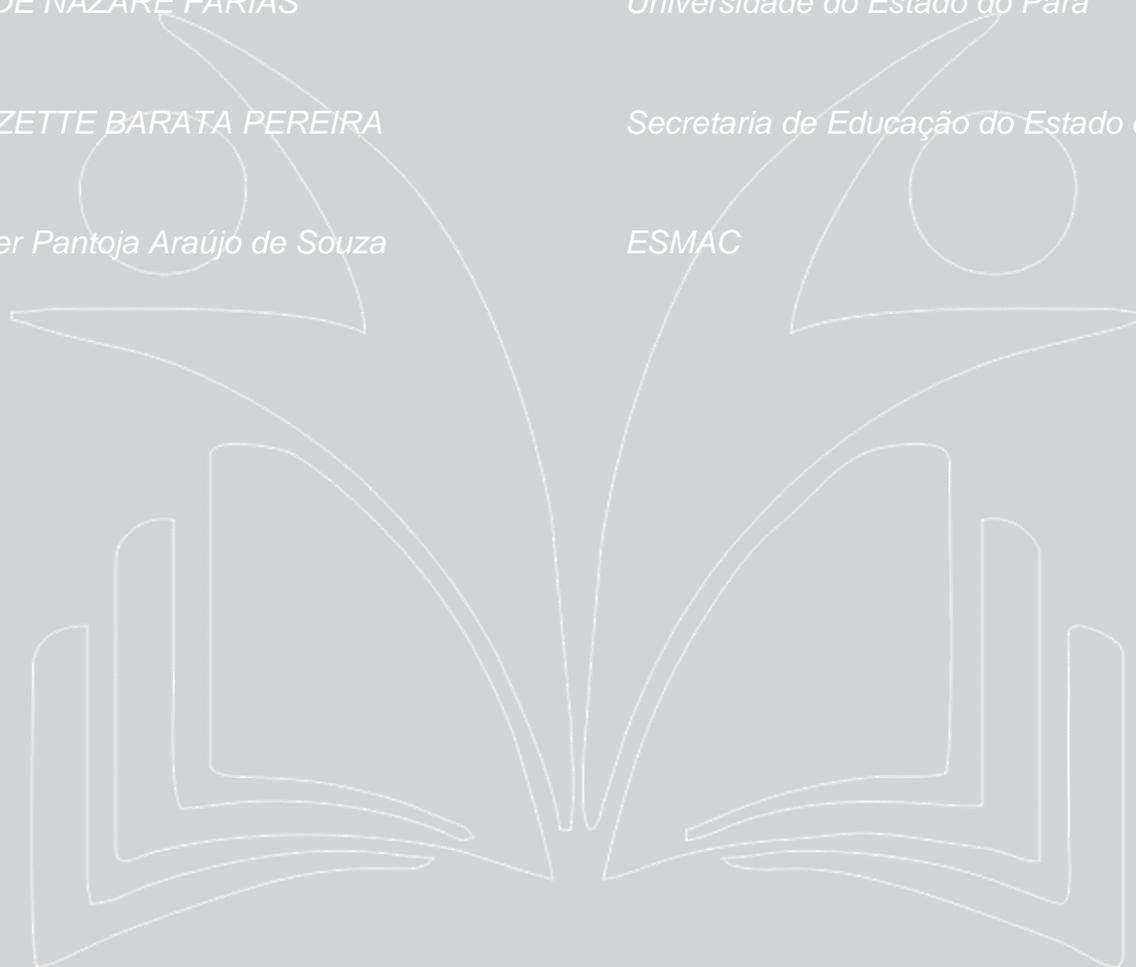
Universidade do Estado do Pará

TÂNIA ELIZETTE BARATA PEREIRA

Secretaria de Educação do Estado do Pará

Luiz Wagner Pantoja Araújo de Souza

ESMAC



Resumo: O ensino de Ciências tem sido centro de discussões por preocupar-se em atribuir sentido aos estudos referentes às Ciências da Natureza. Em consequência da grande extensão de conhecimentos oriundos das diferentes atividades humanas, a educação nos dias de hoje não tem se restringido apenas ao contexto escolar. Deste modo os ambientes não formais têm ganhado cada vez mais prestígio e espaço no ensino de ciências. Contudo, um dos principais desafios dos espaços não formais de ensino é promover o aprendizado a todos os visitantes, inclusive àqueles com necessidades educacionais especiais. Através desta perspectiva inclusiva, o presente trabalho tem como foco de pesquisa o Centro de Ciências e Planetário do Pará – referência em espaço não formal na área metropolitana de Belém-PA – e se propôs analisar a postura daqueles que atuam no atendimento ao público, a fim de compreender e refletir a questão da inclusão em espaços não formais de ensino de ciências. Foram entrevistados monitores e ex-monitores do Centro de Ciências e Planetário do Pará (CCPP) por meio de questionário, para uma análise qualitativa de suas impressões e relatos de experiência com alunos especiais no CCPP. Os resultados da pesquisa revelam a dedicação e improvisação no que diz respeito ao ensino inclusivo em espaço não formal de ensino, por mais que o despreparo no atendimento deste público seja uma realidade preconizada no resultado desta pesquisa. Portanto, compreende-se a importância do aprimoramento destes espaços para garantir a inclusão de todos – independentemente de suas limitações, capacidades, origem socioeconômica ou cultural.

Palavras-chave: Espaço Não Formal. Ensino de Ciências. Educação Inclusiva.

1. INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências tem sido centro de discussões por preocupar-se em atribuir sentido aos estudos referentes às Ciências da Natureza, uma vez que estas podem introduzir o indivíduo numa sociedade em processo de formação através de experiências científicas, que se apresentam no cotidiano das pessoas sob forma de um aporte tecnológico. (GONZAGA-TERÁN, 2011).

Os questionamentos sobre o processo de ensino e aprendizagem em Ciências apontam para uma prevalência da memorização e transmissão de conceitos repassados sem contextualização para a realidade dos estudantes. Essa prática se originou com o paradigma cartesiano e positivista que tenta estudar o homem e a sociedade como partes de um todo, sem articulação entre si. Porém, as exigências da globalização alavancou na sociedade atual a necessidade de superar o paradigma positivista e buscar novos caminhos que apontem novas metodologias para o Ensino de Ciências (ALCÂNTARA- FACHÍN-TERÁN, 2010).

Em consequência da grande extensão de conhecimentos oriundos das diferentes atividades humanas, a educação nos dias atuais não pode mais restringir-se ao contexto escolar. Esta constatação, que predomina entre educadores de ciências, enfatiza o papel dos espaços não formais como um instrumento para a educação científica. (SILVA-TERÁN, 2011).

Os ambientes de ensino não formal ganham prestígio e espaço cada vez maiores e significativos na educação de Ciências, sendo considerados como espaços ideais de articulação dos aspectos afetivo, emotivo, sensorial e cognitivo, além do abstrato e do conhecimento intangível, na (re) construção do conhecimento (SILVA-TERÁN, 2011).

Pesquisas relacionadas aos projetos e atividades realizadas em espaços não formais têm se tornando cada vez mais frequente, de modo que, o principal foco investigativo é o público visitante, seja para fins avaliativos de lazer e aprendizagem ou, no que diz respeito, aos seus interesses e impressões (MARANDINO, 2003).

Os espaços não formais de ensino têm como principal proposta garantir o acesso ao conhecimento, veiculado através dos recursos disponíveis, a todos os cidadãos, sejam eles portadores de necessidades especiais ou não (BASSOLI; LEOCÁDIO, 2012). Segundo Ribeiro (2007) a questão da inclusão social em espaços não formais tem recebido maior atenção nos últimos anos e muitos desses espaços, como museus e centros de ciências, têm desenvolvido projetos e atividades com linguagem

acessível a todo tipo de público – inclusive aqueles com necessidades educativas especiais (RIBEIRO, 2007 apud BASSOLI; LEOCÁDIO, 2012).

A partir desta perspectiva, este trabalho se propôs a realizar uma investigação acerca da inclusão no espaço não formal, cujo foco da pesquisa esteve no Centro de Ciências e Planetário do Pará, referência como espaço não formal de ensino de ciências na região metropolitana do Estado do Pará.

Portanto, identificar os principais métodos adotados neste espaço, para atender as necessidades educacionais especiais dos alunos. Bem como refletir a postura de professores e futuros professores que atuam na área da docência (em espaço formal e/ou não formal) na perspectiva da educação inclusiva no ensino de ciências.

2. TRAJETÓRIA DA PESQUISA

2.1. MATERIAL E MÉTODOS

2.1.1. LOCAL DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada no Centro de Ciências e Planetário do Pará (CCPP), localizado na Rodovia Augusto Montenegro, ao lado do Estádio Olímpico do Pará (Mangueirão), na cidade de Belém, Pará.

Figura 1- Fachada frontal do Centro de Ciências e Planetário do Pará (CCPP).



Fonte:<http://paginas.uepa.br/planetario/>

O Centro de Ciências e Planetário do Pará (CCPP) é vinculado à Universidade do Estado do Pará (UEPA) e foi escolhido como foco da pesquisa, uma vez que, é considerado referência em espaço não formal de ensino de ciências, na área metropolitana do estado do Pará. O Centro de Ciências da Universidade do Estado do Pará oferece um espaço que agrega setores nas diversas áreas das ciências: Física,

Matemática, Química, Geologia, Astronomia, Origem da Vida, Meio Ambiente, Saúde e Biotecnologia. Os quais apresentam uma variedade de atividades e demonstrações de diversos tipos.

Figura 2- Representação craniana de hominídeos.



Fonte: Autores, 2014.

Figura 3- Representação de célula animal



Fonte: Autores, 2014.

Figura 4- Representação de célula vegetal.



Fonte: Autores, 2014

Figura 5- Representação de *Plasmodium*.



Fonte: Autores, 2014

Figura 6– Exemplo de *Crescentia cujete* (Cuia).



Fonte: Autores, 2014

Figura 7- Esqueleto de *Aotus infulatus* (macaco-da-noite).



Fonte: Autores, 2014

Figura 9- Esqueleto humano.



Fonte: Autores, 2014

E conta ainda com estruturas como o Planetário, Infocentro, Biblioteca, Casa da Vegetação, onde são desenvolvidas diversas atividades em uma programação dinâmica e interativa.

2.1.2. QUESTIONÁRIO

Para analisar a questão da acessibilidade nos espaços de ciências biológicas do Centro de Ciências e Planetário do Pará utilizou-se um questionário, composto por seis perguntas, duas objetivas e quatro subjetivas, aplicado aos ex-monitores e monitores mais antigos do CCPP, devido ao maior período de atuação nos espaços, sugerir maior experiência para relatar eventuais situações em que a inclusão de alunos com necessidades educativas especiais¹ pôde ser presenciada ou vivida.

Segundo Nascimento e Ventura (2001) os espaços não formais de educação, como por exemplo, Museus, Núcleos de Pesquisa, Centros e Clubes de Ciências, têm sido considerados como um novo campo de atuação de professores, principalmente da área de ciências. Portanto, a fim de analisar a compreensão dos que atuam e/ou atuaram no atendimento ao público nos espaços de Ciências Biológicas do CCPP, a primeira pergunta do questionário consistiu em analisar a perspectiva dos mesmos ao indagar “**Qual contribuição dos espaços não formais para o ensino de ciências?**”.

A segunda pergunta é de caráter objetivo e sugeriu aos entrevistados responder “sim” ou “não” em relação ao “**bom proveito dos espaços não formais de biologia do Centro de Ciências e Planetário do Pará**” dos alunos. No entanto, vale a pena salientar que, para o bom aproveitamento de uma aula,

seja em espaço formal ou não formal, é importante o papel de um mediador para nortear o conhecimento dos alunos, seja através de recursos pedagógicos – com capacidade de potencializar a aprendizagem – ou não.

No intuito de investigar sobre o contato dos monitores e ex-monitores com alunos que apresentam necessidades educativas especiais nos espaços do CCPP, a terceira pergunta que compõe o questionário apresenta caráter objetivo ao questioná-los: **“Você já recebeu alunos com necessidades especiais nos espaços de biologia do Centro de Ciências e Planetário do Pará?”**. Tal pergunta visa constatar se é comum ou não o contato com este público no CCPP.

Há uma tendência em acreditar que a inserção de alunos com necessidades educativas especiais nos espaços educacionais é uma prática incomum. Porém é uma realidade que deve ser aceita e trabalhada, seja nos espaços formais ou não formais de ensino. Bassoli e Leocádio (2012, p.4) consideram que

os espaços educativos não formais, a fim de que cumpram seu papel da divulgação dos conhecimentos sobre ciência e tecnologia a todos os cidadãos, devem transcender a integração e possibilitar a efetiva inclusão social, reestruturando-se para atender as pessoas com necessidades educativas especiais.

Complementar à terceira, caso a resposta fosse positiva, a quarta pergunta do questionário pedia para especificar qual necessidade especial o aluno em questão apresentava. O que permite analisar qual a variedade de público que frequenta o Centro de Ciências e Planetário do Pará, assim como, a acessibilidade² neste espaço não formal para atendê-los.

Para Karagiannis (1999, p. 25) o que está em questão no ensino inclusivo

não é se os alunos devem ou não receber, de pessoal especializado e de pedagogos qualificados, experiências educacionais apropriadas e ferramentas técnicas especializadas das quais necessitam. A questão está em oferecer a esses alunos os serviços de que necessitam, mas em ambientes integrados e em proporcionar aos professores atualizações de suas habilidades.

Deste modo, a quinta questão ao indagar os entrevistados **“Quais estratégias você adotou para atender as necessidades desses alunos?”** pretendeu descobrir quais recursos foram utilizados para atender as expectativas desses alunos.

Para complementar e enriquecer a pesquisa foi solicitado um relato de experiência para compreender como os monitores e ex-monitores se comportaram ao atender um público que, geralmente, não estavam acostumados a trabalhar. E ainda, perceber como eles se sentiram ao vivenciar essas

experiências, quais suas conclusões e possíveis contribuições para a questão da inclusão em espaços não formais de ensino.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados foram obtidos através das respostas do questionário, o qual foi encaminhado aos seis monitores e ex-monitores que compunham o grupo formado por graduandos dos cursos de licenciatura em ciências naturais e ciências biológicas, os quais atuavam no centro de ciências e planetário do Pará desde 2012, quando o centro de ciências foi integrado ao complexo planetário.

Por questões éticas, será mantido sigilo em relação à identificação dos que contribuíram com esta pesquisa respondendo ao questionário. Deste modo, ao mencionar o entrevistado, farei uso de letras aleatórias do alfabeto.

Algumas respostas revelaram semelhança entre ideias decorrentes da primeira pergunta (Para você, qual a contribuição dos espaços não formais para o ensino de ciências?) de forma que todos os entrevistados enaltecem os ambientes não formais como importantes para contribuição da educação dos alunos. A entrevistada “A” acredita que *“Os ambientes não formais proporcionam aos alunos uma aprendizagem mais livre, no sentido de que estão fora do âmbito escolar. Percebemos que os visitantes ficam mais a vontade para falar, questionar, perguntar, o que muitas vezes ocorre com menos frequência na sala de aula devido o certo rigor que vivenciam na escola, pois lá estão sendo avaliados, a participação é mensurada para uma nota que irá definir suas competências e habilidades. Assim considero os espaços não formais de valia por esses motivos, e em sua maioria buscam tratar os temas de forma lúdica e interativa o que capta maior atenção do aluno e contribui para a popularização da ciência”*.

Desse modo, as transformações que o discurso científico sofre ao passar para os ambientes de ensino não formais diz respeito à transposição didática e a recontextualização. Uma vez que o foco de análise para a teoria da transposição didática é a transmissão dos conceitos científicos no processo de ensino e aprendizagem. Ao passo que a recontextualização é a transferência dos textos entre diferentes contextos de produção e reprodução. Portanto, uma das principais diferenças entre esses conceitos está no papel do processo social na transformação do conhecimento científico (MARANDINO, 2005).

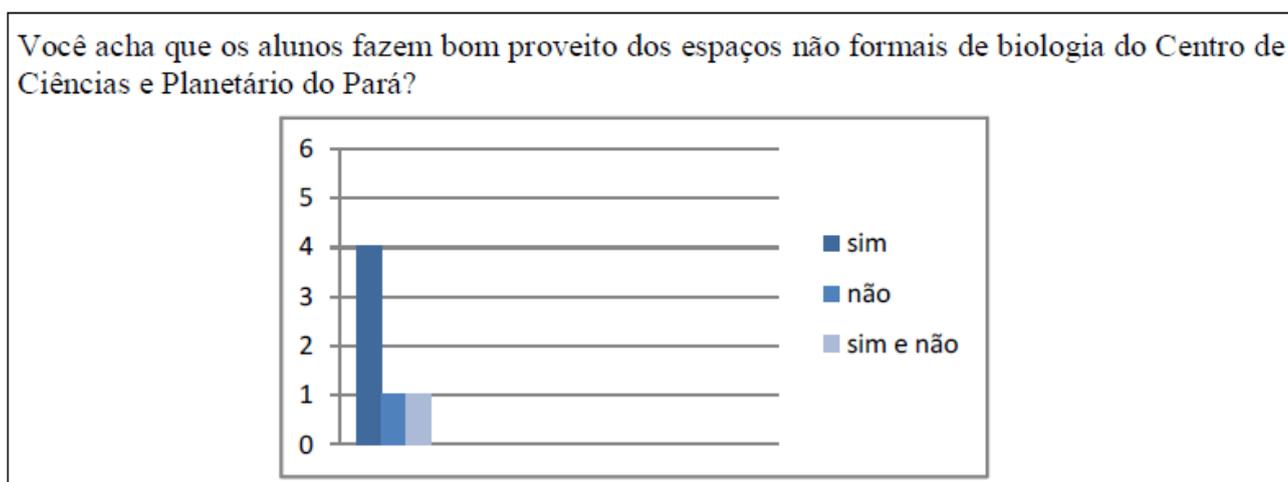
O entrevistado “B” associa a contribuição da educação não formal ao *“fato desta abrir possibilidades de conhecimento sobre o mundo que rodeia os indivíduos e suas relações sociais. Ou seja, o aluno*

aprende com o cotidiano, nas relações com diferentes pessoas, pelas experiências e processos de interação na aprendizagem e na troca de saberes”.

Em decorrência destes benefícios que os espaços não formais de ensino proporcionam aos visitantes, sugestões de aprimoramento no ensino por meio da educação não formal, com atividades extraclases, intensificaram as visitas nestes novos espaços. Esse cenário diferenciado introduziu as metodologias lúdicas, diferentes do que era habitual no ensino escolar, fazendo das artes, por exemplo, ferramentas de trabalho capazes de estimular os estudantes a aprender e expressar os conhecimentos adquiridos com novo formato. (BIANCONI- CARUSO, 2005).

Em relação às respostas das questões objetivas – segunda e terceira – é possível demonstrá-las através de gráficos I e II.

Figura- 10: Gráfico I



Fonte: Dados da pesquisa

Apesar do caráter objetivo da pergunta, dois entrevistados acrescentaram suas considerações acerca do questionamento. A entrevistada “A” respondeu “sim” e explicou “*Nunca conseguiremos atingir 100% do alunado que recebemos, mas creio que uma grande parcela absorve o que abordamos nas visitas e utilizam para complementar seus conhecimentos na escola e até mesmo em sua vida*”.

Apesar do espaço não formal de ensino configurar um ambiente geralmente novo e de demasiadas descobertas, muitos alunos que visitam os museus, centro de ciências, zoológicos, entre outros espaços extraclases para fins educativos, apresentam uma carga de conhecimento significativo. Segundo Von Simson (2001), “os espaços não formais podem contribuir na complementação de

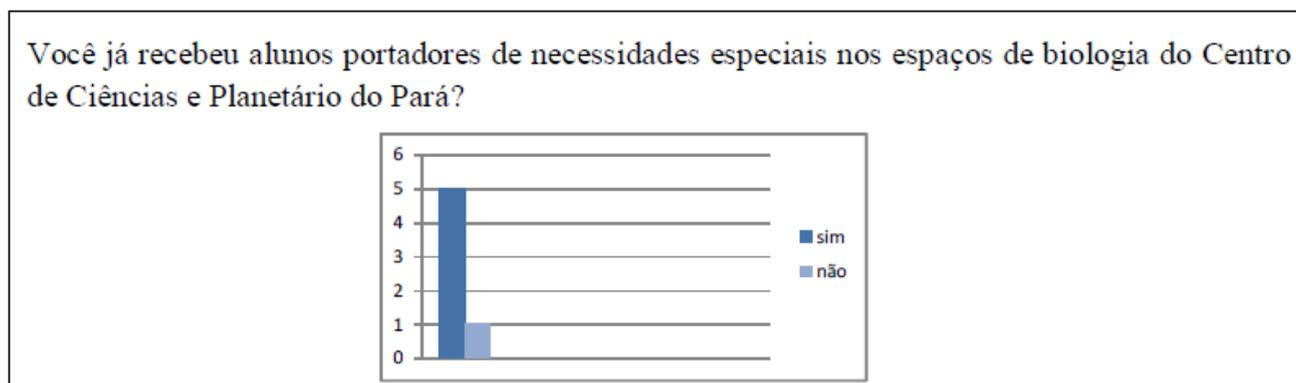
possíveis lacunas deixadas pela Educação tradicional ou formal”. (SIMSON, 2001 apud SILVA-TERÁN, 2001).

O entrevistado “B” assinalou as duas alternativas e ao explicar sua resposta considerou “*Sim, quando a visita tem um objetivo pré-definido. E não, quando a visita não possui um norte estabelecido pelos professores levando seus alunos a uma simples visita*”.

A resposta do entrevistado “B” remete a uma situação comum em espaços não formais de ensino, visto que aulas extraclases podem ser confundidas pelos alunos como apenas um passeio ou uma saída da escola sem fins educativos. Contudo, cabe aos professores definirem os objetivos e prepararem os alunos para o aproveitamento dos espaços, pois a participação destes é considerada por Maarschalk (1988, apud Chagas, 1993) como característica que distingue educação formal e não formal.

Ao responderem a terceira pergunta (Você já recebeu alunos portadores de necessidades especiais nos espaços de biologia do Centro de Ciências e Planetário do Pará?), do número total de entrevistados, apenas um não teve contato com alunos portadores de necessidades especiais no espaço não formal em questão.

Figura 11- Gráfico II



Fonte: Dados da pesquisa

Em resposta a pergunta posterior do questionário os demais entrevistados puderam especificar qual necessidade especial se tratava cada caso no qual tiveram experiência no CCPP. De acordo com as respostas preenchidas nos questionários, os entrevistados que orientaram as visitas de alunos com necessidades educativas especiais, tiveram contato com alunos cegos, baixa-visão, surdos, cadeirantes

e com retardo mental. Contudo, alunos com deficiência visual foram unânimes nas respostas desta categoria.

Deste modo, é importante perceber a participação de pessoas portadoras de necessidades educacionais especiais em espaços não formais de ensino, por tratar-se de uma parcela da população que já esteve à margem da exclusão social no próprio espaço formal – escolas de ensino regular – quando, durante a Revolução Francesa, deficientes visuais e auditivos passaram a incorporar instituições de ensino regular, porém em espaços segregados dos demais (SOARES e CARVALHO, 2012).

O ensino inclusivo, bem como os direitos das pessoas com deficiência são temas relativamente novos em debate no cenário atual das políticas públicas. Para Karagiannis (1999) o ensino inclusivo é a prática da inclusão de todos – independentemente de seu talento, deficiência, origem socioeconômica ou origem cultural.

Após adquirir conhecimento das especificidades encontradas no atendimento ao público, os entrevistados responderam quais estratégias adotaram para atender as necessidades educacionais destes alunos.

A entrevistada “C” permitiu o manuseio das representações de células animal e vegetal (fig. 4 e 5) para alunos com baixa visão. Ela relata a estratégia utilizada: *“Quando um aluno visitou o planetário, nós monitores tentamos adequar o espaço à sua necessidade (baixa visão). As células puderam ser utilizadas de maneira satisfatória. Com a mão, o aluno pôde sentir a textura e a forma das diferentes organelas”*.

Apesar da utilização deste material ter sido realizada de forma satisfatória devido os diferentes tipos de textura que o compõem, sabe-se da precariedade de material especializado para o ensino de biologia, o que segundo Oliveira (2009, p. 1) torna ainda mais limitante o aprendizado pois:

O estudo morfológico (humano e animal), a exemplo disto, engloba conteúdos de Anatomia (visão macroscópica dos órgãos e estruturas), Embriologia (da fertilização ao desenvolvimento embrionário e fetal), Citologia e Histologia (a intimidade microscopia do corpo), cujo estudo, essencialmente prático, exige recursos como microscópios de luz e estereoscópicos, lâminas histológicas, micrografias eletrônicas, peças anatômicas, embriões e fetos em diferentes estádios de desenvolvimento, todos estes, recursos visuais, que dificultam aos portadores de deficiência visual parcial ou total a sua utilização.

O entrevistado “B” comenta que, *“As estratégias utilizadas foram as encontradas no momento, uma vez que não tive treinamento para saber lidar com tal situação. Uma estratégia que utilizei, e acredito que seja de fundamental importância, e a de fazê-lo parte da situação, incluí-lo na atividade o tornando um sujeito ativo”*.

O entrevistado “B” cita ainda o despreparo em lidar com alunos que apresentam necessidades educativas especiais no espaço não formal, porém na mesma resposta salienta a importância de incluir os alunos nas atividades (independentemente de serem alunos com necessidades educativas especiais ou não). No entanto o termo “inclusão”, comumente pode ser confundido com “integração”, uma vez que “integrar” visa o compartilhamento de um mesmo ambiente enquanto que “incluir” tenta garantir a todos se sentir parte do ambiente em questão. Contudo, ambos os termos constituem formas de inserção.

Por fim, os relatos apresentados nos questionários contribuíram de forma expressiva para a compreensão do perfil daqueles que atuam no espaço não formal de ensino – o Centro de Ciências e Planetário do Pará, no caso. Através dos relatos, os entrevistados puderam compartilhar suas experiências com os alunos que apresentavam necessidades especiais.

Dentre os pontos abordados nos relatos, o despreparo para atender esses alunos foi um dos principais relatados pelos monitores e ex-monitores do Centro de Ciências e Planetário do Pará. Alguns dos entrevistados refletiram sobre suas experiências e acrescentaram possíveis contribuições para o aperfeiçoamento do atendimento ao público especial nos espaços não formais de ensino de ciências.

RELATO 1. ENTREVISTADA “A”

“Para o aluno com baixíssima visão, buscamos fazer com que ele sentisse o que estávamos falando, para isso suspendemos as vitrines para que ele tateasse os materiais, o que de certa forma é proibido, mas pedimos autorização por que percebemos que ele não compreendia o que falávamos.

Os visitantes com dificuldades locomotoras, auxiliamos em sua circulação pelo Centro.

O retardo mental é a deficiência que necessita de uma atenção especial, pois em sua maioria esses alunos são dispersos, e sua atenção se resume em pouco tempo, então os abordamos de forma mais dialogada do que o habitual para que ele interaja e possamos concluir a explanação, sempre adequada a seu entendimento.

Com os surdos-mudos senti um pouco de dificuldade pelo fato da comunicação, o que de certa forma me ajudou foi a disciplina que estava cursando, e o grupo possuía uma interprete que nos auxiliava na explanação.

Minha observação pessoal: de todas as necessidades atendidas sempre falo do aluno com baixa visão, porque esse aluno em especial me emocionou muito no dia da sua visita, era visível sua curiosidade, mas como ele iria entender sem ver? Fizemos um atendimento somente para ele, suspendemos as vitrines e principalmente na parte dos crânios a explanação me emocionou mais ainda, porque conforme explicávamos e ele tateava o objeto, ele falava: „- olha os dentes dele é grande“, „a cabeça tem esses caminhos“ (que no caso eram as cristas dos hominídeos mais primitivos), percebemos aí que nosso centro não se encontra preparado para esse público, tanto em sua estrutura como na própria capacitação de seus monitores, pois fomos instruídos com os assuntos que devem ser abordados, a forma de recepcioná-los, a melhor maneira de explicar, mas isso se deu partindo do principio de que todos fossem „normais“, e talvez deixamos a desejar o nosso atendimento com esse público. No entanto somos uma Instituição Estadual e para isso dependemos do apoio do governo, pois projetos para melhor atender esse público temos, mas como de costume ficamos tolidos pela questão financeira.”

RELATO 2. ENTREVISTADO “B”

“Talvez de todas as situações vivenciadas no CCPP, a mais marcante foi a do deficiente visual parcial. O Centro não possui nenhum tipo de material adaptado a tal deficiência, fazendo com que o mesmo não se sinta parte daquela visita. Vendo tal dificuldade de apresentar o espaço ao visitante em questão, tomei a iniciativa de levantar todas as vitrines (vale ressaltar que nesse período era „proibido“ os materiais expostos ficarem sem as vitrines) que protegem o material exposto (crânios e fósseis) a fim de que ele pudesse tocar e reconhecer o que estava sendo explicitado sobre a temática do espaço. Essa foi à única maneira encontrada no momento, que pudesse satisfazer os anseios tanto do visitante, quanto o meu como monitor”.

RELATO 3. ENTREVISTADA “C”

“Acredito que os monitores dos espaços-não formais deveriam participar de cursos para o atendimento especial. Nem todos os materiais podem ser usados de forma satisfatória na explicação de determinados assuntos dos espaços de ciências do CCPP. Os crânios e animais taxidermizados, por exemplo, só puderem ser descritos verbalmente durante a visita de um aluno com baixa visão.

RELATO 4. ENTREVISTADA “D”

“Ao iniciar a dinâmica de apresentação do espaço, o aluno permaneceu acompanhado do professor e ao terminar todo o momento de explanação do conteúdo, levantamos as vitrines dos materiais que podem ser manuseados e o aluno teve contato tátil com o material”.

RELATO 5. ENTREVISTADA “E”

“Levamos os alunos para conhecer o centro e suas particularidades atentando as suas limitações, e tentando dentro destas mostrar os espaços do centro para cada um”.

A partir da leitura dos relatos dos entrevistados constatou-se que, acima de tudo, os monitores e ex-monitores demonstraram empenho e determinação para atender as necessidades do público, independentemente de suas capacidades ou limitações, uma vez que a educação é uma questão de direitos humanos.

De acordo com a constituição da república federativa do Brasil, o Estado deve reconhecer os direitos das pessoas com deficiência à educação. Além de garantir que as pessoas com deficiência não sejam excluídas do sistema educacional geral sob alegação de deficiência, portanto, que sejam incluídos, preferencialmente, na rede regular de ensino (BRASIL, 1998).

No relato de experiência, o entrevistado “B” enfatiza a importância de propiciar ao aluno com baixa visão um ambiente em que ele sintam-se parte dele, por mais que o ambiente não seja apto às suas necessidades.

Deste modo é possível perceber a importância de um ambiente educacional inclusivo (formal ou não formal) baseado no princípio da igualdade, que propicie prevenir o preconceito e a discriminação dos demais alunos, e permitir aos alunos aprender que apesar das diferenças, todos têm direitos iguais (KARAGIANNIS, 1999).

A fim de promover a educação inclusiva nos espaços voltados para a educação não formal, as entrevistadas “A” e “C” defendem a capacitação daqueles que atuam como mediadores do conhecimento nestes espaços, para efetivar o aprendizado dos alunos com necessidades educativas especiais.

Contudo, para que os alunos sintam-se incluídos nos espaços educacionais e participem efetivamente das práticas educativas como sujeito ativo no processo de aprendizagem, a capacitação de professores

é de fundamental relevância para atender com maior eficácia os anseios dos alunos com necessidades educacionais especiais. Segundo Sindelar, Griffin, Smith e Wantanabe (1992) os professores

são capacitados na medida em que elevam sua posição, mantêm-se informados das mudanças que ocorrem em suas áreas e garantem sua participação na tomada de decisões (Wantanabe, 1992, p.249, apud Karagiannis, 1999)

Sanches (2013) em seu Trabalho de Conclusão de Curso concluiu que muitos professores terminam suas graduações sem receber uma formação adequada referente à educação inclusiva para cegos. E que apesar de as secretarias de educação ofertarem cursos de formação continuada, alguns profissionais se julgam sem tempo e sem interesse por esta qualificação (BARBOSA-LIMA, 2010, apud SANCHES, 2013).

A educação de alunos com deficiência – intelectual, física, auditiva e visual – ainda encontra entraves, muitas vezes, pautados no preconceito. Por este motivo, dentre outros, a educação inclusiva tem sido objeto de preocupação desde os primórdios da escola moderna no século XVI (SOARES e CARVALHO, 2012). Apesar do preconceito, Karagiannis (1999) preconiza que a educação inclusiva garante benefícios a todos os atores envolvidos: alunos, professores e a sociedade como um todo.

4. Considerações finais

Apesar dos obstáculos encontrados ao tentar promover a inclusão social nos espaços não formais de ensino, é possível perceber uma crescente utilização destes espaços por parte dos alunos com necessidades educativas especiais e a maior aceitação da inserção destes alunos nestes ambientes por parte daqueles que estão à frente destes espaços.

O resultado da pesquisa realizada com os monitores e ex-monitores no Centro de Ciências e Planetário do Pará revelou o anseio destes, que atuam no espaço não formal de ensino de ciência, em tornarem-se capacitados para garantir aos alunos com necessidades educativas especiais que visitam este espaço, o melhor atendimento possível, amparados por um espaço estruturado acessível que permita qualquer visitante sentir-se parte dele.

Através deste trabalho tornou-se possível a reflexão sobre a inclusão nos espaços não formais de ensino, um tema que agrega educação inclusiva e políticas públicas no âmbito dos direitos humanos e que, portanto, deveria ser de fácil acesso a todos os professores e graduandos dos cursos de licenciatura.

Os espaços não formais, como Museus, Planetários, Centros de Ciências, Clubes de Ciências, Zoológicos etc., apresentam um considerável potencial no que diz respeito às diferentes técnicas de ensino de ciências com significativas contribuições para a compreensão de conteúdos trabalhados em sala de aula. Contudo, um de seus principais desafios é cumprir com sua própria meta de garantir a todos os cidadãos acesso aos bens culturais socializados neste ambiente.

Portanto, constatou-se a necessidade de medidas que possibilitem o aprendizado de todos os alunos em espaços não formais de ensino de ciências, seja através da capacitação dos monitores para o atendimento ao público na perspectiva da educação inclusiva; na confecção de material que permita um aprendizado generalizado – inclusive daqueles com necessidades educativas especiais –; através de um ambiente acessível a todo tipo de público (sejam deficientes visuais, auditivos, físicos, mentais e/ou não) de maneira que todos se sintam, não apenas parte integrante de um contexto educacional, mas incluídos neste contexto onde possam gozar de todos os benefícios ofertados por estes espaços não formais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____. Decreto-Lei no 5296, de 02 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis nos 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 03 dez. 2004.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil. São Paulo: Atlas, 1998. COSTA-PINTO, D. et al. A construção de Mini-Museus de Ciências auxiliando deficientes visuais no Ensino Fundamental, Médio e Superior no Estado do Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Atas do V ENPEC, nº 5. 2005. p. 1-9.

ALCÂNTARA, Maria Inez Pereira de. FACHÍN-TERÁN, Augusto. Elementos da Floresta: recursos didáticos para o Ensino de Ciências na área rural amazônica. Manaus: UEA / Escola Normal Superior /PPGEECA, 2010.

ARAÚJO, Igor Sanches de. Ensino de Física para deficientes visuais: a importância do uso de experimentos em sala de aula; 29 p. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso de Licenciatura plena em Ciências Naturais com Habilitação) – Universidade do Estado do Pará, Belém, 2013.

BASSOLI, Fernanda; LEOCÁDIO, Denise. Práticas Inclusivas Em Espaços Não-Formais: Compartilhando Experiências. III Encontro Nacional de Ensino de Ciências da Saúde e do Ambiente. Niterói/RJ, 2012

BIANCONI, M. Lucia, CARUSO, Francisco. Educação Não-Formal Ciência e

Cultura, vol.57 n. 4 São Paulo Out./Dez. 2005.

CHAGAS, I. Aprendizagem Não Formal/Formal Das Ciências. Relações entre os Museus de Ciência e as Escolas. Revista de Educação, 3 (1), 51-59. Lisboa. (1993)

GONZAGA, Leila Teixeira; TERÁN, Augusto Fachín. Espaços Não Formais: Contribuições Para Educação Científica Em Educação Infantil, in Avanços e Desafios em Processos de Educação em Ciências na Amazônia. Manaus: UEA/Escola Normal Superior/PPGEECA, 2011.

KARAGIANNIS, Anastasios.; STAINBACK, William; STAINBACK, Susan Fundamentos do Ensino Inclusivo. In: STAINBACK, Susan; STAINBACK, William; trad. LOPES, Magda França. Inclusão: um guia para educadores. Porto Alegre: ARTES MÉDICAS SUL, 1999. cap. 4, p. 69-85.

MARANDINO, M. Enfoques de educação e comunicação nas bioexposições de museus de ciências. 2003. Revista Brasileira de Pesquisa Em Educação Em Ciências, Bauru, v. 3, n. 1, p. 103-109, 2003. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V3N1/v3n1a8.pdf>. Acesso em 25 jan. 2014.

MARANDINO, M. et al. A Educação Não Formal e a divulgação científica: O que pensa quem faz? Atas do IV Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências- ENPEC, Bauru, 2004.

NASCIMENTO, S. S.; VENTURA, P. C. S. Mutações na construção dos museus de ciências. Pro-Posições, v.12, n.1, p. 126-138, mar. 2001.

OLIVEIRA, M. L. et al. Biologia ao Alcance de todos. XI Jornada de Pesquisa,

Ensino e Extensão da UFRPE. Recife, out. 2009. Disponível em:

<http://www.eventosufrpe.com.br/jepex2009/cd/resumos/R1205-3.pdf>. Acesso em 13 jan. 2012.

SILVA, Cirlande Cabral da; FACHÍN-TERÁN, Augusto. A Utilização Dos Espaços Não Formais Como Contribuição Para A Educação Científica: Uma Prática Pedagógica (Que Se Faz) Necessária. Trabalho de comunicação oral apresentado no XX Encontro de Pesquisa Educacional Norte Nordeste (XX EPENN), Universidade Federal do Amazonas-UFAM, Manaus-AM, 2011.

SOARES, Maria Aparecida Leite; CARVALHO, Maria de Fátima. O Professor E O Aluno Com Deficiência (Coleção Educação & Saúde) v.5: Cortez. São Paulo, 2012.

UNESCO. Declaração de Salamanca: sobre princípios práticas na área das necessidades educativas especiais. 1994. Disponível em: <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001393/139394por.pdf>>. Acessado em: 10 de novembro de 2014.

Capítulo 6



10.37423/220205449

FORMAÇÃO DE PROFESSORES: REFLEXÕES SOBRE O USO DO LÚDICO NA FORMAÇÃO DE FUTUROS PEDAGOGOS NO ENSINO DE BIOLOGIA NUMA PERSPECTIVA INCLUSIVA

ANA CLAUDIA DA CUNHA MIRANDA

*Universidade Federal do Sul e Sudeste do
Pará*

LUCIANA DE NAZARÉ FARIAS

Universidade do Estado do Pará

TÂNIA ELIZETTE BARATA PEREIRA

Secretaria de Educação do Estado do Pará

JÉSSYCA SANTOS CORDEIRO

Universidade Federal do Pará

JURACI SOUZA DA CONCEIÇÃO MACINO

Universidade do Estado do Pará

SHIRLEY RAIMUNDA VANZELER BARROS

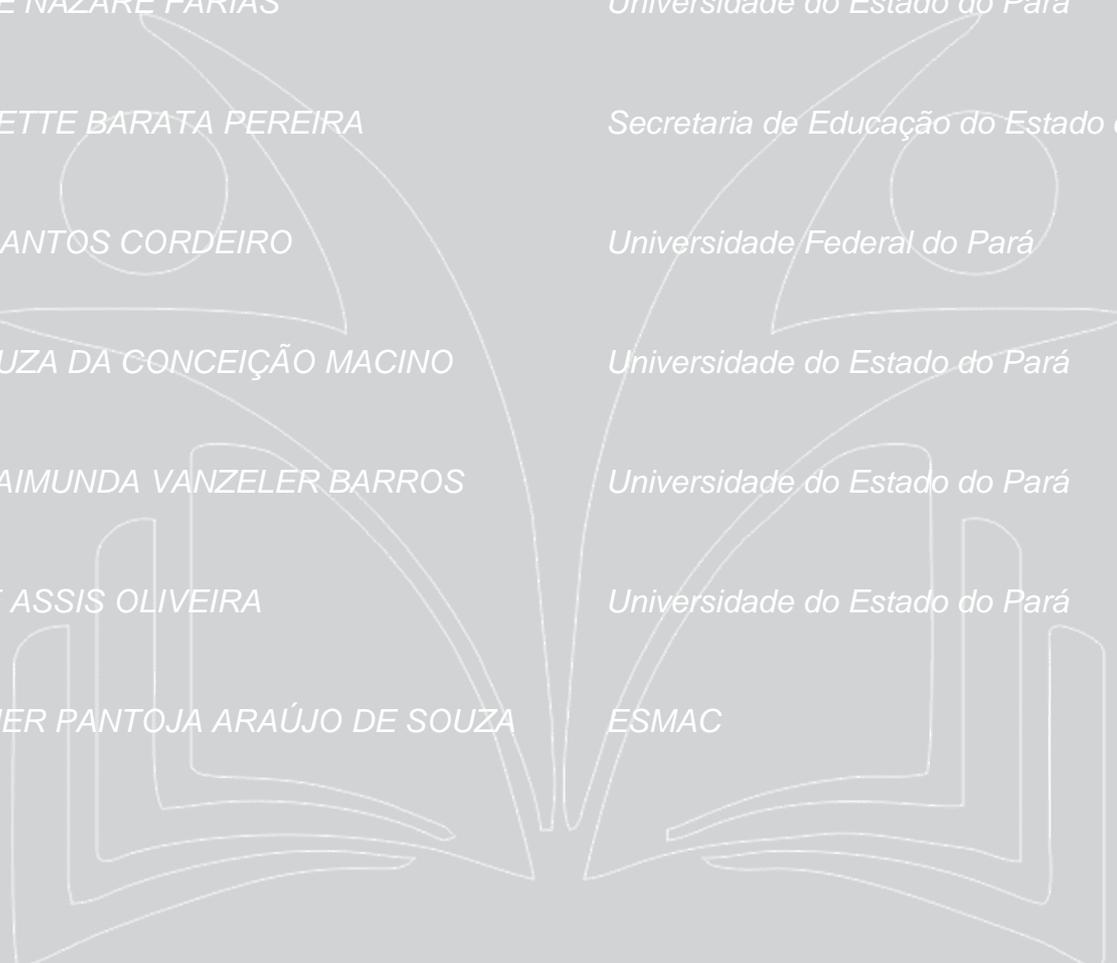
Universidade do Estado do Pará

MARINA DE ASSIS OLIVEIRA

Universidade do Estado do Pará

LUIZ WAGNER PANTOJA ARAÚJO DE SOUZA

ESMAC



Resumo: Este artigo discute a importância do lúdico na formação de professores de forma que se efetive em suas práticas futuras, em especial no ensino de biologia nas séries iniciais. Para isso buscou-se descobrir as concepções que os futuros pedagogos têm acerca do lúdico; de que forma ele está inserido em sua formação e quais suas perspectivas em trabalhá-lo de forma inclusiva no ensino de biologia nas séries iniciais. Ressalta-se que este estudo pautou-se na pesquisa de natureza básica, bibliográfica, de abordagem qualitativa, explicativa e exploratória, com utilização de livros, artigos científicos, teses, etc, de autoria de Ducatti-Silva (2005); Dias, Nunes e Crusoé (2014); Vygotsky (1987); Santana (2008); Dias, Nunes e Crusoé (2014), e outros, além da aplicação de aula expositiva, lúdica e inclusiva intitulada “A trilha dos sentidos”. Como resultados constatou-se a insatisfação dos formandos quanto a sua formação docente, uma vez que esta não tem contemplado o lúdico em sua totalidade. Diante disso e das contradições observadas em algumas respostas do questionário aplicado, constatou-se que além de insatisfeitos, os formandos apresentam-se inseguros quanto a prática docente de forma lúdica e inclusiva no ensino de biologia nas séries iniciais.

Palavras-Chave: Lúdico, formação de professores, inclusão.

1 INTRODUÇÃO

A formação docente constitui um fator de grande relevância do quadro de problemas percebidos no ensino de Ciências. Alguns professores terminam a licenciatura em Pedagogia, geralmente sem a formação adequada para ensinar Ciências Naturais. (DUCATTI-SILVA, 2005).

Tal problemática está atrelada às metodologias aplicadas na formação desses profissionais. Muitos ainda não possuem em sua formação acadêmica uma vertente lúdica. O que se percebe então é que “parte dos docentes abordam em suas discussões teóricas, a ludicidade como uma metodologia possibilitadora, mas poucos utilizam da criatividade no preparo de aulas lúdicas dentro da própria universidade.” (PATURY e CARDOSO, 2012, p. 2)

A formação lúdica evoca a possibilidade ao futuro educador de conhecer-se, explorar e descobrir suas possibilidades e limitações, desbloquear resistências e ter uma visão clara sobre a importância do jogo e do brincar para a vida de seus educandos, e por toda a sua vida.

Assim, compreende-se que o desenvolvimento de atividades lúdicas na escola depende, intrinsecamente, das concepções de educação e ludicidade adotadas pelo docente, pois são esses conceitos que nortearão a sua prática pedagógica. (DIAS, NUNES e CRUSOÉ, 2014)

Nesta perspectiva este artigo propõe-se a discutir a importância do lúdico na formação de professores de forma que se efetive em suas práticas futuras, em especial no ensino de biologia nas séries iniciais, buscando-se para isto, investigar as concepções que os futuros pedagogos têm acerca do lúdico; de que forma o lúdico está inserido em sua formação docente, assim como as perspectivas dos futuros pedagogos em trabalhar o lúdico numa perspectiva inclusiva no ensino de biologia nas séries iniciais.

A presente discussão foi subsidiada pela pesquisa de natureza básica, bibliográfica, de abordagem qualitativa, explicativa e exploratória, além da aplicação de aula expositiva com recurso lúdico e perspectiva inclusiva com formandos do 5º semestre do curso de pedagogia, de uma universidade da rede pública de ensino.

Para a pesquisa bibliográfica utilizou-se os aportes teóricos de Ducatti-Silva (2005); Severino (2007); Santana (2008); Santos e Manga (2009); Kishimoto (2010); Dias, Nunes e Crusoé (2014); Friedmann (1996); Vygotsky, (1987), dentre outros, obtidos da análise exaustiva de livros, artigos científicos, teses, etc. Para a aula expositiva, utilizou-se slides e o jogo intitulado Trilha dos Sentidos, que juntamente ao questionário de pesquisa e fotografias, contribuiram para a coleta de dados junto aos sujeitos da pesquisa.

Diante disso, este artigo ficou distribuído em referencial teórico, onde se discute as literaturas concernentes à formação de professores, ao lúdico e à inclusão de forma entrelaçada, evidenciando sua importância na formação de professores e, conseqüentemente, no ensino de biologia nas séries iniciais; resultados e discussões, pautadas na análise de questionário aplicado com os formandos após aula expositiva; e finalmente as conclusões, onde se expõem as considerações finais quanto aos questionamentos que subsidiaram este estudo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Alvo de debates e discussões na área pedagógica, a formação de professores tem evoluído no decorrer das décadas. Porém, mesmo com toda a evolução, algumas lacunas precisam ser solucionadas, uma delas é a grande dificuldade desses profissionais colocar em prática, concepções e modelos inovadores. Outra é perceber que sua formação também depende de esforços pessoais, ou seja, o formar-se está além do formar. (NÓVOA, 1992).

Com isso depreende-se que o profissional da educação deve estar constantemente preocupado em aprimorar seus conhecimentos, no intuito de atender as exigências do mundo globalizado. Para isso precisa dar significação aos conhecimentos adquiridos na academia, de forma a atrelá-los a sua práxis, com a efetivação de diferentes métodos pedagógicos que propiciem e aperfeiçoe o conhecimento científico e a interação social.

A esse respeito, estudos têm comprovado que o lúdico é um recurso de suma importância na formação docente. Ele propicia a possibilidade do professor interagir e construir conhecimentos, sendo também indispensável para o ensino de ciências nas séries iniciais, como é o caso do ensino de biologia.

Porém, o distanciamento da vertente lúdica na formação de professores, ainda se faz presente em algumas universidades. A falta de criatividade no preparo de aulas lúdicas por parte de alguns professores universitários, os quais têm pautado suas atividades em metodologias tradicionais, tem deixado o lúdico a critério das disciplinas específicas.

Nesta perspectiva a introdução do lúdico tanto na formação quanto na prática docente é de fundamental importância. Pois para que a docência seja efetivada com eficácia, principalmente, nas séries iniciais, é necessário que o profissional docente tenha em sua base formativa, conhecimentos sobre os fundamentos essenciais do lúdico e da necessidade de ser trabalhado em suas aulas, atividades inclusivas.

Diante disso, Santos (1997), destaca que o trabalho pedagógico tendo o lúdico como princípio norteador nos remete a uma reflexão sobre a formação do educador numa perspectiva teórico-epistemológica, uma vez que o seu papel não limita-se a informar, mas provocar a busca pelo conhecimento, pela construção da identidade e da formação do sujeito considerando a ludicidade como parte da cultura e intrínseco à aprendizagem satisfatória.

Ocorre que muitos professores têm saído das academias com uma visão distorcida da concepção de ludicidade. Alguns chegam a acreditar que o lúdico não auxilia na aquisição de novos conhecimentos. Isso talvez se explique porque estes professores ainda não perceberam o verdadeiro conceito e significado do lúdico na formação do sujeito; ou porque precisam reaprender a brincar, pois conforme enfatiza (FRIEDMANN, 1996, p. 14):

o trabalho pedagógico tendo o lúdico como princípio norteador nos remete a uma reflexão sobre a formação do educador numa perspectiva teórico-epistemológica, uma vez que o seu papel não se limita a informar, mas provocar a busca pelo conhecimento, pela construção da identidade e da formação do sujeito considerando a ludicidade como parte da cultura e intrínseco à aprendizagem satisfatória.

Ocorre que muitos professores têm saído das academias com uma visão distorcida da concepção de ludicidade. Alguns chegam a acreditar que o lúdico não auxilia na aquisição de novos conhecimentos. Isso talvez se explique porque estes professores ainda não perceberam o verdadeiro conceito e significado do lúdico na formação do sujeito; ou porque precisam reaprender a brincar, pois conforme enfatiza (FRIEDMANN, 1996, p. 14):

O adulto que volta a brincar não se torna criança novamente, apenas ele convive, revive e resgata com prazer a alegria do brincar, por isso é importante o resgate desta ludicidade, afim de que se possa transpor essa experiência para o campo da educação.

Reaprendendo a brincar “o educador deve desempenhar um importante papel no transcorrer das brincadeiras, se consegue discernir os momentos em que deve só observar, em que deve intervir na coordenação da brincadeira, ou em que deve se integrar como participante das mesmas” (OLIVEIRA et al, 1992, p.102).

Nesta perspectiva, enquanto o professor passa a ser um mediador; o aluno ocupa posição de sujeito aprendiz. (VYGOTSKY, 1987). Consequentemente, o lúdico será uma ferramenta útil no processo de transmissão de conhecimentos. E todos serão regulados pelo princípio da interação social, o qual se ressalta, é de grande relevância na atualidade, uma vez que também é um recurso que contribui para a efetivação de metodologias inclusivas. Entretanto, a combinação do lúdico com a proposta

inclusiva tem sido um grande desafio para educadores de todas as áreas, inclusive das ciências naturais.

A perspectiva atual de educação firma-se no princípio da educação inclusiva e científica, buscando a formação global dos educandos. A esse respeito a lei 9.394/96 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional), no art. 58, afirma que esta modalidade de educação deve ser “[...] oferecida, preferencialmente, na rede regular de ensino [...]”. Fazendo-se necessário, portanto, para contemplar tamanha necessidade, uma formação profissional sólida e abrangente, que abarque tanto o social quanto o científico, em suas competências de trabalho, preceituada pela mesma lei, em seu inciso I, do parágrafo único, do art. 61.

Ocorre que boa parte da legislação educacional vigente somente tem preceituado e afirmado, e não, verdadeiramente, efetivado os direitos tanto da formação dos profissionais da educação quanto da qualidade de atendimento aos educandos, principalmente, da modalidade especial.

Assim, sem qualificação profissional, materiais e estrutura física adequada, professores deparam-se no obstáculo não só de proporcionar atividades inclusivas e lúdicas, mas também de propagar a ciência, que deve ser a base da formação dos educandos, devendo constar em seu currículo desde as séries iniciais.

Santos e Manga (2009, p.19), destacam que “a utilização de modelos pedagógicos tridimensionais facilitariam extremamente a compreensão dos conteúdos de Biologia e o ensino por parte dos professores.” Logo, uma solução para essa situação seria o uso de recursos alternativos, com materiais recicláveis e a destreza do professor em adaptar tais recursos às necessidades de cada aluno e ao ensino de biologia.

3 METODOLOGIA

Nesta perspectiva este artigo parte da análise e discussão de dados obtidos com a aplicação do plano de aula “Trilha dos sentidos”, em uma turma do 5º semestre de pedagogia, de uma Universidade da rede pública de ensino, com um total de 17 alunos presentes.

Figura 1: Aula expositiva



Fonte: Arquivo pessoal

Ressalta-se que este estudo pauta-se na pesquisa de natureza básica, bibliográfica, de abordagem qualitativa, explicativa e exploratória, definida por Severino (2007, p. 122) como “aquela realizada a partir de registros disponíveis, decorrentes de pesquisas anteriores, encontradas em documentos impressos, como livros, artigos, teses etc.” que nos motivou a refletir nas literaturas de Kishimoto (2010); Vygotsky (1987); Ducatti-Silva (2005); Santana (2008); Dias, Nunes e Crusoé (2014), e outros, através de livros, artigos científicos, teses, etc.

Quanto à aula expositiva, esta se deu através da projeção de slides acerca do tema: “Os órgãos dos sentidos”, e, conseqüentemente, da aplicação do jogo “Trilha dos sentidos”, o qual foi produzido, todo com material reciclável e com partes em alto-relevo, objetivando entrelaçar o lúdico à perspectiva inclusiva, e conseqüentemente, a formação de professores. Ressalta-se que optou-se pelo tamanho gigante da trilha no intuito de tornar a atividade mais interativa e atrativa.

O jogo consistiu em percorrer uma trilha, produzida com fortes características visuais, de forma a promover a inclusão de alunos com baixa visão e constituída por obstáculos que faziam menção a questões relacionadas ao tema abordado. Para jogá-lo a turma foi dividida em 3 grupos. Cada grupo elegeu um líder, que por sua vez selecionou um integrante da equipe para colocar em prática as atividades propostas, como: responder perguntas relacionadas ao tema; participar de dinâmicas relativas aos órgãos dos sentidos (identificação de sons, degustação de alimentos, identificação dos cheiros, percepção tátil e visual do meio).

Figura 2: Aplicação do jogo “Trilha dos sentidos”



Fonte: Arquivo pessoal

Tais atividades eram subsidiadas através do lançamento de dados, também produzido de forma a privilegiar a inclusão de educandos com resquícios visuais e auditivos, uma vez que possuíam numeração em alto-relevo e ao jogá-los era perceptível sua localização, já que continham em sua parte interna, pequenas pedras que produziam som.

Figura1: Trilha gigante e dados (Recurso inclusivo)



Fonte: Arquivo pessoal

Cabe ressaltar que quando um dos participantes errasse alguma questão, seu grupo pagava uma prenda, que geralmente estava relacionada aos órgãos dos sentidos. O jogo terminava quando um dos líderes chegasse ao final do percurso. Ressalta-se ainda que para identificar o percurso dos líderes pela trilha, foram utilizadas garrafas plásticas, contendo água colorida com tinta guache e pedras, com o intuito também de promover a inclusão.

Como forma de avaliar os conhecimentos dos formandos e coletar dados para a pesquisa, aplicou-se um questionário contendo dez questões, sendo quatro de múltipla escolha e seis subjetivas, as quais se apresentam os resultados e discussões a seguir

4 ANÁLISE DOS DADOS E DISCUSSÕES

Santana (2008) aduz ser o lúdico um importante instrumento de trabalho do professor, de forma a contribuir para elaboração do conhecimento, e o respeito às diversas singularidades. As atividades lúdicas quando bem exploradas, oportunizam a interlocução de saberes, a socialização e o desenvolvimento pessoal, social e cognitivo.

A esse respeito Kishimoto (2010), afirma também que brinquedos e brincadeiras assumem funções lúdica e educativa. No caso do lúdico o brinquedo propicia diversão, prazer e até desprazer, quando escolhido voluntariamente; e no caso da função educativa, o brinquedo ensina qualquer coisa que complete o indivíduo em seu saber, seus conhecimentos e sua apreensão do mundo.

Diante disso, o estudo intitulado “Formação de Professores: Reflexões sobre o uso do lúdico na formação de futuros pedagogos no ensino de biologia numa perspectiva inclusiva” partiu-se da aplicação do plano de aula “A trilha dos sentidos”, tendo como público alvo 17 graduandos do 5º semestre de pedagogia, de uma Universidade da rede pública de ensino.

Vislumbrando as questões relativas à idade, sexo, atuação na educação infantil e função, se estagiário ou docente; constatou-se que 88% dos participantes estão na faixa etária entre 18 e 25 anos e 12% entre 26 e 35 anos. Ressaltando ainda que 82% dos formandos são do sexo feminino e 18% do sexo masculino, sendo que 65% já atuam na educação infantil, seja como estagiários (59%) ou como docentes (6%).

Na questão relativa ao que os entrevistados definem como lúdico, aproximadamente, 40% afirmaram que o lúdico está relacionado ao prazer e que influencia de forma positiva no ensino aprendido, o que coincide com as palavras de Rubem Alves (1987) quando afirma que o lúdico é o agente que privilegia a criatividade estando fortemente ligado ao prazer, propiciando um aprendizado diferenciado, sem comportar regras preestabelecidas, utilizando o novo como um instrumento de renovação, criando e abrindo novos caminhos.

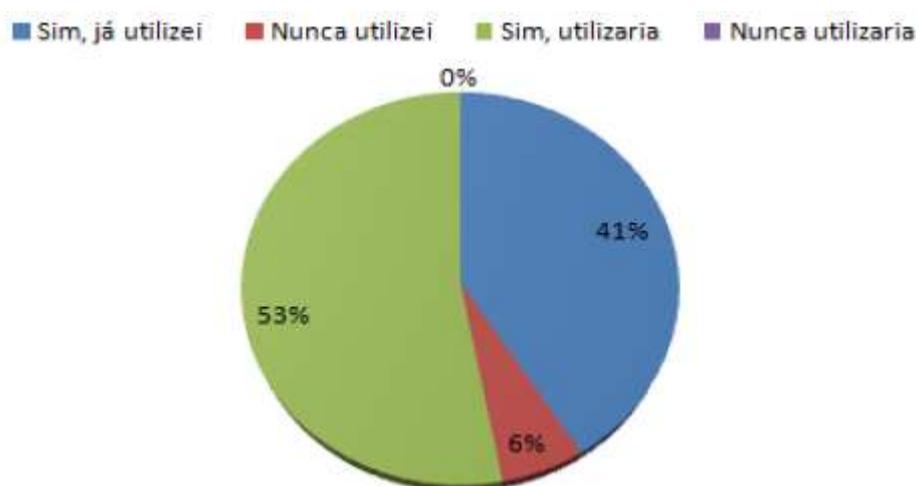
Os outros 60% dos entrevistados relacionaram o lúdico com os recursos utilizados para a realização de atividades, tais como: jogos, dinâmicas, peças de teatros, músicas e etc. Evidenciando com isso o

que Cardia (2011, p. 3) pensa sobre o termo lúdico, pois segundo a autora o lúdico abrange o brincar, a atividade individual, coletiva, livre e regrada.

Ocorre que o lúdico não se restringe apenas aos recursos, pois se assim fosse, não teria significado. Ele deve está relacionado ao aprendizado. Logo, jogos, dinâmicas, teatros e outros, se não for mediado de forma adequada pelo professor, pode não alcançar o objetivo maior, que é promover a aprendizagem.

Ao indagá-los se já haviam utilizado ou utilizariam o lúdico como ferramenta no ensino de biologia na educação infantil, numa perspectiva inclusiva evidenciou-se que:

Gráfico 1: Perspectiva quanto à utilização do lúdico de forma inclusiva



Fonte: Coleta de dados

De acordo com o instrumento acima, mais da metade dos formandos afirmam que usariam o lúdico numa perspectiva inclusiva, nos levando a compreensão de que os sujeitos da pesquisa acreditam que o lúdico, quando usado de forma adequada, favorece a aprendizagem, confirmando assim as palavras de Bonfim (2010, p. 26) ao afirmar que “o brincar e o estudar proporcionam aprendizagens e geram o desenvolvimento”

Ocorre que quando questionados sobre como apresentariam o conteúdo ministrado pelo grupo de forma lúdica e inclusiva, nenhum dos entrevistados enfatizou a inclusão em suas respostas. Mostrando-se contraditórios, pois ao nos debruçar na análise comparativa das questões, constatou-se que na questão anterior, 41% dos formandos afirmaram já terem executado atividades lúdicas numa perspectiva inclusiva. Porém, quando questionados como utilizariam o lúdico de forma inclusiva, 53% mencionaram a utilização de jogos, mas não explicaram como se daria o processo inclusivo.

Segundo Mantoan (2006), cabe à sociedade promover as condições de acessibilidade necessárias a fim de possibilitar às pessoas com deficiência viverem de forma independente e participarem plenamente de todos os aspectos da vida. Nesse contexto, a educação inclusiva torna-se um direito inquestionável e incondicional. Porém, para que este direito seja realmente consolidado é preciso unir forças para enfrentar alguns desafios que ainda impossibilitam a efetivação de propostas e práticas inclusivas.

Na mesma questão, 18% dos formandos responderam que repetiriam a mesma metodologia do grupo e 11% não opinaram. Os resultados nos revelam a falta de criatividade e a desmotivação de alguns formandos com relação a prática do lúdico.

Os dados revelados nesta questão também nos levaram a refletir nas palavras de Schultz, Muller e Domingues (2006), quando destaca ser o professor o principal agente na interação e socialização; e que suas aulas devem despertar a curiosidade e o interesse da criança em aprender, caso contrário, a aprendizagem torna-se mais difícil e o ensino precário.

A problemática em destaque pode está relacionada à formação dos futuros docentes, pois quando indagados se acreditavam que sua formação tem lhe instrumentalizado para atuar de forma lúdica e inclusiva na educação infantil, mesmo 59% tendo reconhecido que sim; 24% disseram que não e 17% responderam que algumas disciplinas trabalham o lúdico em sala. Deduzindo-se com isso que boa parte das disciplinas ainda são ministradas ao modo tradicionalista.

5 CONCLUSÃO

Acredita-se que, mesmo com uma pequena amostra de entrevistados, a pesquisa nos proporcionou constatar que a formação docente para o ensino de ciências, em especial o ensino de biologia nas séries iniciais, numa perspectiva lúdica e inclusiva, ainda está permeada de lacunas.

A representativa insuficiência de práticas lúdicas em algumas disciplinas do curso de pedagogia tem sido alvo de críticas e insatisfações dos futuros pedagogos. Percebendo-se com isso a urgência de rever os currículos voltados para a formação deste profissional, de forma que seja mais privilegiado o uso de metodologias lúdicas em outras disciplinas, e não somente nas disciplinas que já possuem uma vertente lúdica.

Concluiu-se ainda que a atual conjuntura requer dos profissionais da educação, maior dinamismo, destreza, criatividade e esforço no sentido de promover a educação para todos, conforme preceitua os dispositivos legais da atualidade. Logo, visando alcançar a todos, de forma igualitária, faz-se

necessário que o docente se aproprie de métodos e recursos que visem proporcionar o aprendizado não só de forma lúdica, mas também inclusiva.

Nesta perspectiva, torna-se primordial a habilidade deste profissional em adaptar recursos pedagógicos como jogos e brincadeiras, como foi o caso da Trilha dos sentidos, utilizada pela equipe, a qual teve suas peças confeccionadas em alto relevo e com bastantes ilustrações, visando chamar a atenção de todos; e ainda os dados que contendo pedras geravam som, de forma a facilitar sua localização parte do aluno cego ou até mesmo de um altista.

Diante disso, cristalizou-se a ideia de que o ensino de ciências nas series iniciais deve está atrelado não somente ao cotidiano do aluno, mas a ludicidade e a diversidade da sala de aula. Ressaltando-se para isso a importância das universidades e dos cursos de formação docente reforçar e estimular o uso de metodologias que proporcionem uma formação profissional de qualidade.

6 REFERÊNCIAS

ALVES, Rubem. A gestação do futuro. Campinas: Papyrus, 1987.

BARRETO, Patrícia da Silva. O mundo lúdico no 1º segmento do ensino fundamental. Monografia (Especialização em Psicopedagogia). Rio de Janeiro, 2001. Disponível em: <<http://www.avm.edu.br/monopdf/6/PATRICIA%20DA%20SILVA%20BARRETO.pdf>> Acesso em: 08/11/2014.

BRASIL. Ministério da Educação – MEC. Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional – nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996. _____. Constituição da República Federativa do Brasil, 1988. Disponível em: <http://www.dji.com.br/constituicao_federal/cf205a214.htm> Acesso em: 15/11/2014. _____. Orientações para a implementação da Política de Ed. Inclusiva. 2011. Disponível em: <http://inclusaoja.com.br/tag/mec/>. Acesso em: 17/11/2014. _____. Secretaria de Educação Fundamental (SEF). Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais. Brasília: MEC/SEF, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>> Acesso em: 5/11/2014.

BROUGERE, Gilles. A criança e a cultura lúdica. Rev. Fac. Educ. vol. 24 n.2 São Paulo July/Dec. 1998. Disponível em: <[://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0102-25551998000200007&script=sci_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0102-25551998000200007&script=sci_arttext)> Acesso em: 8/11/2014. CARDIA, Joyce Aparecida Pires. A Importância da presença do lúdico e da brincadeira nas séries iniciais: Um relato de pesquisa. Revista Eletrônica de Educação. Ano V. n. 9, jul./dez. 2011. Disponível em: <http://www.academia.edu/8027876/A_IMPORT%C3%82NCIA_DA_PRESEN%C3%87A_DO_L%C3%9ADICO_E_DA_BRINCADEIRA_NAS_S%C3%89RIES_INICIAIS_UM_RELATO_DE_PESQUISA> Acesso em: 8/11/2014.

CERQUEIRA, Jonir Bechara; FERREIRA, Elise de Melo Borba. Recursos didáticos na educação especial. Revista do Instituto Benjamin Constant, Abril, 2000. Disponível em:

<http://www.ibc.gov.br/?catid=4&itemid=57> Acesso em: 8/11/2014.

DIAS, M. M. S.; NUNES, C. P.; CRUSOÉ, N. M. C. A Importância do Lúdico: O Olhar do Professor. Disponível em: <http://www.uesb.br/eventos/gepraxis/trabalhos/magnara-moreira_claudio-nunes_nilma-margarida.pdf> Acesso em: 8/11/2014.

FRIEDMANN, Adriana. Brincar: crescer e aprender; o resgate do jogo infantil. São Paulo: Moderna, 1996.

KISHIMOTO, T. M. Jogo, brinquedo, brincadeira e a educação. 13. ed. São Paulo, SP: Cortez, 2010. MANTOAN, Maria Tereza Egler. Inclusão escolar: o que é? Por quê? Como fazer? São Paulo: Moderna, 2006.

RAU, Maria Cristina; ROMANOWSKI, Joana; MARTINS, Pura Lúcia. O lúdico na formação de professores do ensino fundamental e educação infantil. Disponível

em: <http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2005/anaisEvento/documentos/com/TCCI054.pdf>> Acesso em: 8/11/2014.

SANTANA, Eliana Moraes de. Influência de atividades lúdicas na aprendizagem de conceitos químicos. Anais do Seminário Nacional de Educação profissional e tecnologia. Belo Horizonte, Brasil, 2008. Disponível em: <http://www.senept.cefetmg>.

br/galerias/Arquivos_senept/anais/terca_tema1/TerxaTema1Artigo4.pdf Acesso em: 8/11/2014. SEVERINO, Antonio Joaquim. Metodologia do Trabalho Científico. São Paulo: Cortez, 2007. SCHULTZ. Eliz Simone; MULLER. Cristiane; DOMINGUES Cilce Agne. Ludicidade e suas contribuições na escola. Disponível em:

<http://www.unifra.br/eventos/jornada_educacao2006/2006/pdf/artigos/pedagogia/A%20LUDICIDADE%20E%20SUAS%20CONTRIBUI%C3%87%C3%95ES%20NA%20ESCOLA.pdf> Acesso em: 8/11/2014. VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

Capítulo 7



10.37423/220305534

FATORES DE VIRULÊNCIA E RESPOSTA IMUNE FRENTE AO PARACOCCIDIOIDES BRASILIENSIS: UMA REVISÃO INTEGRATIVA

Marcos Jessé Abrahão Silva

*Instituto Evandro Chagas (IEC), Ananindeua,
Pará, Brasil*

Eliete Costa da Cruz

*Universidade da Amazônia (UNAMA),
Ananindeua, Pará, Brasil*

Andrei Santos Siqueira

*Universidade Federal do Pará (UFPA),
Belém, Pará, Brasil*



Resumo: A paracoccidioidomicose é uma micose sistêmica com alta taxa de letalidade. Ela pode ser causada por duas espécies fúngicas: *Paracoccidioides brasiliensis* e *Paracoccidioides lutzii*. Este trabalho tem como objetivo integralizar fatores imprescindíveis para entendimento da patogênese e resposta imune direcionados a *Paracoccidioides brasiliensis*. Foi realizado uma revisão integrativa, por meio dos bancos de dados PubMed, Scielo, LILACS, MEDLINE e Google Scholar, na qual foram selecionados artigos, teses e dissertações que abordassem o tema entre 2000 e 2021. Foram descritos componentes essenciais no que tange à expressão proteica, parede celular, transição dimórfica, sinalização intracelular, alterações fibróticas pulmonares em pacientes e imunopatogenia e resposta imune do hospedeiro. Conclui-se que os fatores de virulência do fungo que desencadeiam uma resposta imune em uma reação inflamatória granulomatosa reflete nos aspectos clínicos da patologia de modo que o avanço ou recuo do quadro do paciente é determinado em grande parte por esses elementos.

Palavras-chave: Fatores de virulência; Imunidade; Patologia; Paracoccidioidomicose; *Paracoccidioides brasiliensis*.

1. INTRODUÇÃO

A capacidade dos fungos patogênicos de mudar de morfologia durante seu ciclo de vida é bastante comum. No entanto, relativamente poucos fungos são considerados dimórficos, o que se refere à capacidade de alternar entre duas formas (levedura e hifas). Esses patógenos podem ser divididos em fungos térmicos (alterações morfológicas causadas pela temperatura) e fungos dimórficos não térmicos¹. Exemplos de fungos termodimórficos são o *Paracoccidioides brasiliensis* e *P. lutzii*, causadores da paracoccidioidomicose (PCM).

Globalmente, os fungos dimórficos térmicos causam milhões de infecções humanas a cada ano. Embora fungos termodimórficos geralmente infectem hospedeiros imunocompetentes, esses patógenos são responsáveis por cerca de 5,3% das infecções fúngicas em receptores de transplantes de órgãos sólidos. Pacientes imunossuprimidos apresentam risco de insuficiência respiratória e transmissão extrapulmonar².

As mudanças morfológicas entre hifas e leveduras são críticas para a patogênese, virulência e ciclo de vida dos fungos dimórficos. Esta transição de fase é acompanhada por mudanças características na parede celular, lipídios da membrana, transdução de sinal intracelular e expressão gênica. Quando bloqueados no estágio de micélio por meios bioquímicos ou genéticos, esses patógenos putativos não causarão doenças³.

Em tecidos infectados de pessoas com imunidade normal, a imunidade inata de um indivíduo com PCM causa uma reação inflamatória, tipicamente granulomatosa, tentando limitar a proliferação e disseminação do fungo para outros órgãos do corpo. A forma mais típica de resposta inflamatória tecidual à presença de *P. brasiliensis* é um granuloma epitelial, constituído por células gigantes e células epiteliais distribuídas ao redor da levedura, dentro das quais podem ser observadas supuração e necrose de coagulação. O entendimento da devida resposta imune através de subpopulações de respostas que geram citocinas de acordo com o quadro do paciente é determinante para a caracterização da evolução ou involução dele de modo que possibilita a ação das células de defesa e resposta imune⁴.

A virulência é o resultado da interação entre o hospedeiro e o microrganismo, e a finalidade do hospedeiro é controlar efetivamente o patógeno, quase sem danos aos tecidos. Portanto, no contexto de "danificar a estrutura da reação", um fator de virulência é um componente microbiano que pode causar danos a hospedeiros suscetíveis⁵. Os mecanismos efetores da resposta imune contra um

patógeno dependem das características do microorganismo, como no caso de seu habitat dentro do hospedeiro, se este é intracelular ou extracelular. No caso de espécies de *Paracoccidioides*, estes prosperam em ambos os espaços de maneira que necessitam de uma combinação de mecanismos imunológicos para seu confronto⁶. O objetivo deste trabalho é apresentar e descrever os diversos fatores que envolvem a patogênese e biologia do fungo *Paracoccidioides brasiliensis*.

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa de revisão bibliográfica integrativa, que realiza uma análise qualitativa dos aspectos de virulência e imunidade ao fungo *Paracoccidioides brasiliensis*. Foram selecionados artigos, teses e dissertações dos bancos de dados PubMed, Scielo, LILACS, MEDLINE e Google Scholar, os termos utilizados para a busca de artigos em conjunto com o Operador Booleano “AND” foram: “Fatores de virulência”; “Imunidade”; “Patologia”; “Paracoccidioidomicose”; “*Paracoccidioides brasiliensis*”.

Como critério de inclusão foram selecionados materiais disponíveis na íntegra de forma gratuita, metanálises, estudos de coorte, estudos de caso, séries de caso, caso controle, ensaios *in vitro*, ensaios clínicos, estudos comparativos, experimentais que abordassem sobre patologia do fungo e associações com fatores de virulência, além do espectro imunitário frente à doença nas bases de dados citadas. Foi realizada a pesquisa no corte temporal correspondente de 2000 a 2021. Foram excluídos artigos que se referem à doença sem pertinência com o assunto pesquisado.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1 BIOLOGIA DO FUNGO

3.1.1. TRANSIÇÃO DIMÓRFICA

Estes Ascomycetos, os quais incluem *Blastomyces dermatitidis*, *Histoplasma capsulatum*, *Coccidioides immitis*, *Coccidioides posadasii*, *Paracoccidioides brasiliensis*, *Sporothrix schenckii*, e *Penicillium marneffeii* crescem como micélios que produzem conídios ou, no caso de *Coccidioides* spp., artroconídios, quando no solo ou comparáveis ambientes⁷. No solo (22–26°C), fungos termicamente dimórficos crescem como micélio em uma forma não patogênica, produzindo conídios infecciosos. Após a quebra do solo, os fragmentos de conídios e hifas aerossolizados ficam disponíveis para inalação, onde nos pulmões de um mamífero (cerca de 37°C) eles se transformam em levedura, revelando-se patogênicos, causando pneumonia. Embora o estímulo primário seja a temperatura,

outros fatores como CO₂, cisteína e estradiol afetam a conversão e o crescimento a 37°C. A ligação do estradiol aos receptores da superfície celular inibe a transição de fase de *P. brasiliensis* a 37°C. Isso pode explicar por que a frequência da prevalência de PCM é semelhante em homens e mulheres pré-púberes. Após a puberdade, a doença raramente infecta mulheres. Alterações na fluidez da membrana e na composição lipídica também podem contribuir para esta alteração morfológica⁸.

O crescimento de micélio como levedura promove a disseminação de conídios para novos hospedeiros, enquanto fungos termodimórficos promovem distribuição geográfica remota. A reprodução sexual ocorre na fase micelial da maioria dos fungos dimórficos e promove a introdução dos genes para aumentar a sobrevivência e a virulência⁹. Embora vários genes que controlam a transição de fase sejam conhecidos, como esses genes se adaptam a uma rede maior de genes reguladores ainda não foi totalmente respondido.

Em outros fungos, pelo menos três vias de sinalização que induzem a troca dimórfica e crescimento de levedura a 37°C foram identificadas: (a) a sinalização de dois componentes, (b) proteína G heterotrimérica e sinalização Ras, e (c) sinalização de cálcio¹⁰. O sistema de sinalização de dois componentes é regulado por meio de histidina quinase 1 reguladora do dimorfismo (DRK1). Relatórios de *B. dermatitidis* e *H. capsulatum* mostrou que os mutantes *DRK1* são avirulentos em um modelo murino de infecção. Essas cepas mutantes não se convertem à forma de levedura patogênica e crescem como micélios a 37°C⁷. Em *Paracoccidioides spp.*, um ortólogo *DKR1* é altamente expresso na fase de virulência e é fundamental na transição micélio-levedura^{11,12}. Demonstrou-se que as Ras-GTPases controlam vários processos, incluindo sinalização de cAMP, morfogênese, diferenciação, progressão do ciclo celular e expressão de genes patogênicos fúngicos¹⁰.

As vias circulantes da proteína quinase A de monofosfato de adenosina (cAMP-PKA) e MAPK (proteína quinase ativada por mitógeno) são consideradas as principais cascatas de transdução de sinal envolvidas na regulação de fungos dimórficos endêmicos¹³. Foi relatado que o AMP (5'-monofosfato-adenosina proteína quinase ativada) exógeno inibe a transformação de *P. brasiliensis* de levedura em micélio e retém a patogenicidade da forma de levedura¹⁴.

Quando as células de levedura detectam altos níveis de glicose ou baixos níveis de nitrogênio por meio de receptores de membrana acoplados à proteína G, a adenilato ciclase é ativada, induzindo um aumento nos níveis de adenosina monofosfato cíclica ou AMP cíclico (cAMP) intracelular. Por sua vez, o cAMP estimula a proteína quinase A (PKA) por meio da ativação de fatores de transcrição que promovem a diferenciação, adesão e invasão do ágar pseudo-hifal *in vitro*. Durante a transição

induzida pela temperatura do micélio para a levedura em *P. brasiliensis*, as concentrações intracelulares de cAMP eventualmente tornam-se maiores na levedura do que no micélio, o que é consistente com as concentrações intracelulares de cAMP influenciando a transição de fase¹⁴.

As cascatas de sinalização de MAPK consistem em várias quinases, frequentemente compartilhadas entre diferentes vias, que regulam programas genéticos em resposta a estímulos específicos⁸. As vias de transdução de sinalização intracelular em *P. brasiliensis* dividem-se em: de adesão celular; resposta de feromônio; Cálcio e calmodulina (CaM – proteína moduladora de Cálcio); de integridade celular; alta resposta de crescimento ao estresse osmótico; TOR (proteína quinase *Target of Rapamycin*). TOR é uma proteína serina/treonina quinase com grande tamanho molecular (cerca de 300 kDa), que pertence à família de quinases relacionadas com o fosfatidilinositol (PIK). TOR foi primeiramente descrita em 1991 como uma proteína relacionada com aspectos antifúngicos e imunossupressores¹⁵.

3.1.2 PAREDE CELULAR

Na transição dimórfica, a mudança morfológica é essencial para a instalação e evolução da infecção, nesse processo a parede celular sofre grandes alterações morfológicas. A estrutura da parede celular da *Paracoccidioides* spp. é composta essencialmente de polissacarídeos, como os homopolímeros de N-acetilglucosamina (quitina) e glucanos, também está presente proteínas e lipídeos. As principais diferenças na composição da parede celular é que leveduras é composta por carboidratos (81%), principalmente glicose (38%) e N-acetilglucosamina (43%), com pequenas proporções de aminoácidos (10%) e lipídios (11%). Por outro lado, nos micélios 51% da parede celular contém carboidratos (38% glicose e 13% N-acetilglucosamina), 33% aminoácidos e 8% lipídios. A espessura da parede também possui diferença, na levedura é mais espessa (0,2–0,6 μm) do que nas hifas (0,08–0,15 μm)¹⁶.

A alteração na composição também apresenta mudança na predominância de glucana, na fase micelial tem maior prevalência de β -1,3-glucano e β -1,6-glucano, em contraposição na forma leveduriforme que apresenta α -1,3-glucano e quitina com maior prevalência. Essa diferenciação garante a sobrevivência do fungo, o α -1,3-glucano está associado a ocultação dos β -1,3-glucano que é identificado pelos receptores dectina-1 de macrófagos, é um mecanismo que favorece o subterfugio da resposta imune do hospedeiro^{17,18}.

Proteínas que fazem parte da composição da membrana celular executa função na estrutura, organização e fisiologia, são relevância para o desenvolvimento da doença, como promover adesão a matriz extracelular (MEC) e proteção contra mecanismos de defesa e células fagocitárias. A proteína

paracoccina (PCN) é uma proteína de superfície importante que desempenha um papel no crescimento de fungos, supostamente participando da remodelação e organização da parede celular¹⁹. Estudos proteômicos identificaram várias proteínas na parede celular da levedura como catalase B, tiorredoxina redutase e nitrorredutase, que são antioxidantes e participam na interação hospedeiro-patógeno²⁰ e enzimas glicolíticas como enolase, gliceraldeído-3-fosfato desidrogenase, frutose 1,6-bifosfato aldolase, triosefosfato isomerase, proteína de sinalização celular 14-3-3 e proteína de choque térmico¹⁶.

3.1.3 INFECÇÃO E MECANISMOS DE EVASÃO

A *Paracoccidioides* spp. possui uma grande quantidade de moléculas de superfície que participam da invasão, como adesinas, que se aderem na MEC de variadas células do hospedeiro. A *Paracoccidioides* spp. identifica vários compostos da MEC como fibronectina, laminina, plasminogênio e colágeno tipos I e IV²¹. A glicoproteína 43 de *P. brasiliensis* (glicoproteína gp43, 43 kDa, 43 kilodaltons) detectada na parede celular demonstrou se ligar à laminina, uma importante proteína da MEC que pode promover a aderência da levedura para a proteínas da MEC e produzir toxicidade. Além disso, indivíduos saudáveis sensibilizados também produzem altos níveis de interleucina 2 (IL-2), INF- γ (interferon gama) e interleucina 10 (IL-10)²². A enolase, a frutose 1,6-bifosfato aldolase e a proteína 14-3-3 também apresentaram propriedades de adesão^{23,24}, ligando-se à fibronectina e ao plasminogênio, que degrada a MEC e favorece a invasão tecidual pelo fungo.

O estudo do transcriptoma de *P. brasiliensis* identificou proteínas ancoradas em glicosilfosfatidilinositol (GPI) que desempenham um papel importante na virulência de fungos patogênicos. No entanto, a função da maioria das proteínas que foram identificadas permanece desconhecida²⁵. Duas proteínas ancoradas por GPI, a fosfolipase B1 (PLB1) e a glicoproteína Dfg5P, foram funcionalmente analisadas em *P. brasiliensis*^{26,27}. A inibição de PLB1 leva a uma diminuição na adesão e internalização de macrófagos alveolares às células de levedura²⁸. Dfg5p é um antígeno de superfície que se liga a proteínas da MEC, como laminina, fibronectina, colágeno tipo I e colágeno tipo IV²⁷. Em outro estudo de Valim et al., 2015, há evidências de que a proteína rPbPga1 ancorada no GPI, presente na superfície das células da levedura de *P. brasiliensis*, promove o processo inflamatório associado à infecção por *P. brasiliensis* e pode ativar macrófagos e mastócitos (células do sistema imunológico)²⁹.

Foi proposta uma correlação de uma proteína de 32 kDa, que pode ser um membro da adesão da superfamília das hidrolases à haloácido desidrogenase (HAD), seja importante para a virulência do fungo. A análise da sequência de proteína suporta a inclusão de PbHad32p como uma hidrolase e revela proteínas que são conservadas apenas em patógenos fúngicos bimorfos e filamentosos que estão intimamente relacionados à filogenia. As proteínas citadas parecem estar envolvidas na adesão celular e subsequente resposta imune³⁰.

3.1.4 VESÍCULAS EXTRACELULARES (EVS)

São vesículas membranosas liberadas por células eucarióticas e procarióticas e desempenham papéis importantes na comunicação intercelular. Nos fungos, os EVs estão envolvidos no transporte de macromoléculas através da parede celular³¹. Embora os mecanismos pelos quais os EVs são liberados não sejam totalmente compreendidos em *Paracoccidioides* foi identificado epítomos imunogênicos de galactosil α -ligados³², como também carboidratos, proteínas e lipídios em EVs de *Paracoccidioides* spp.³³⁻³⁵. A análise da composição dos carboidratos reconheceu pequenas quantidades de (1-6)-manopolímero, (1-3)-glucano e (1-6)-glucano em EVs de *Paracoccidioides*. A presença da parede celular α -1,3-glucano sintase MOK1-like em EVs de *P. brasiliensis* sugere uma contribuição potencial para a remodelação da parede celular fúngica³⁶.

3.1.5 ESTRESSE OXIDATIVO

3.1.5.1 ESTRESSE OXIDATIVO E NITROSTATIVO

O processo inflamatório gerado pelo patógeno em destaque envolve seu combate por meio do desenvolvimento de uma resposta imune com a liberação de citocinas, quimiocinas e de uma resposta ao estresse oxidativo por meio de espécies microbicidas. Estas espécies microbicidas são as espécies reativas de oxigênio (ROS) e espécies reativas de nitrogênio (RNS) liberadas por células imunes, como os macrófagos ativados. Outrossim, o entendimento sobre o dispositivo de adaptação das células fúngicas a ambientes nitrosativos e oxidativos podem ser de grande valia para a questão da interação parasita-hospedeiro³⁷.

O estado redox intracelular é responsável por controlar diversos genes e vias de sinalização para a manutenção de um ambiente natural no organismo³⁸. Elevadas concentrações de ROS/ RNS podem levar a danos moleculares e reações deletérias³⁹. Em contrapartida, baixas concentrações dessas espécies podem beneficiar *P. brasiliensis*, propiciando a sua disseminação. Ademais, ele também pode

sobreviver em um ambiente repleto das espécies reativas citadas, através de: enzimas de desintoxicação, como as superóxido dismutases (SODs), peroxidases, catalases e tioredoxinas; de sistemas enzimáticos, como a glutatona e citocromo c peroxidase; de vias de sinalização clássicas, como MAPK Hog1 e GTPase Ras, Hsp90 e calcineurina⁴⁰.

A ação de RNS foi demonstrado por agir inibindo a transição dimórfica. Além disso, o NO pode induzir modificações pós-traducionais, como nitração e S-nitrosilação, influenciando assim a função proteica. Diversas proteínas envolvidas no ciclo celular e crescimento (metabolismo de aminoácidos e ácido fólico) foram identificadas em *P. brasiliensis* tratado com baixas concentrações de NO. Ademais, a sinalização redox de transnitrosilação/ desnitrosilação é conservada neste fungo⁴¹.

3.1.5.2 REGULAÇÃO TÉRMICA

Os microrganismos são responsáveis por criar dispositivos de defesa e de metabolismo celular adaptados para sobreviver e perdurar perante alterações ambientais. Dentre várias proteínas de contenção do estresse, as proteínas de choque térmico (HSPs) são cruciais nesse quesito. Nesse sentido, as HSPs têm papel fisiológico em muitas células normais. No que condiz sobre os fungos patogênicos, como o *P. brasiliensis*, a transição dimórfica e sua virulência dependem da influência da expressão e ativação de HSPs, pois, as mudanças de temperatura, como a gerada pelo sistema imunológico do hospedeiro geram a conformação morfológica do fungo no mamífero. Isso indica funções de adaptação e sobrevivência do fungo por meio destas proteínas⁴².

Em *P. brasiliensis*, estudo transcriptômico revelou mais de 45 genes que codificam HSPs, como chaperonas e suas co-chaperonas, que apresentam expressão elevada durante a transição para micélio⁴³. A proteína HSP70, em particular apresenta uma similaridade de quase 90% com a sequência homóloga de *Histoplasma capsulatum*, de modo que é um dos principais alvos da resposta imune do hospedeiro durante a infecção⁴². Além de que estudo envolvendo anticorpos monoclonais gerados por HSP60 de *P. brasiliensis* teve resultados promissores na terapêutica da doença, demonstrando também a sua imunogenicidade⁴⁴. A proteína HSP90 está relacionada com a indução de dano oxidativo e interação com o hospedeiro durante o estresse térmico⁴⁵.

3.1.5.3 HIPÓXIA

A situação de hipóxia é uma condição de microambiente em que as células de *Paracoccidioides* tem que passar em certas ocasiões do processo de colonização do hospedeiro. Entretanto, ainda existem lacunas sobre como este agente infeccioso reage a limitação de oxigênio nos tecidos do hospedeiro.

A tenacidade do fungo em destaque pelos tecidos acaba gerando granulomas na presença de células imunes ativadas (principalmente da subpopulação de linfócitos T *helper* 1 – Th1 e macrófagos)⁴⁶. Esse processo funciona como um mecanismo de defesa contra a replicação e crescimento de fungos, por meio de entre outros meios restrição de oxigênio, mas também pode permitir o abrigo em um microambiente isolado contra a sua eliminação pelo hospedeiro e ser uma fonte de reativação de patógenos sobreviventes na infecção latente, que é o caso da PCM⁴⁷.

3.2 FORMA SEXUAL DO GÊNERO PARACOCCIDIROIDES

O interesse em estudos genéticos sob o gênero *Paracoccidioides* tem aumentado, sobretudo, para a determinação da forma teleomórfica ou sexual do fungo. Ela é importante pois além de averiguar fatores biológicos, ela possibilita a aquisição de informações relevantes sobre a virulência como em outras espécies fúngicas. Apesar disso, a função da reprodução na virulência pelo fungo ainda possui diversas lacunas a serem preenchidas.

Há evidências de troca gênica entre *P. brasiliensis* e *P. americana*⁴⁸. A confirmação da capacidade sexual do fungo se deu com a identificação da presença de dois genes *mating type locus* (MAT1) em 71 isolados de *P. brasiliensis*, confirmando a capacidade sexual do fungo. Dois grupos heterólogos e autoestéreis foram identificados, um com o gene alpha-box (MAT1-1) e outro com o gene HMG (MAT1-2). A distribuição desses genes foi de 1:1 entre os isolados estudados⁴⁹. Embora a forma MAT1-2 tenha sido encontrada nos isolados Pb18 (*P. brasiliensis*) e Pb03 (*P. americana*), e a forma MAT1-1 tenha sido observada em *P. lutzii* Pb01, o outro estudo de EE, Pb03 e 3171, mostrou que esses isolados são heterólogos, enquanto os isolados Pb18, 7455 e 133 são homólogos (autoférteis)⁵⁰.

3.3 FATORES DE VIRULÊNCIA

O processo de infecção ocasiona vários eventos complexos entre o hospedeiro e o patógeno, onde o hospedeiro empenha-se para desenvolver resistência enquanto o parasita tenta escapar e se adaptar à resposta imune do hospedeiro. Os fatores de virulência aumentam a capacidade do microrganismo de invadir, replicar e sobreviver no hospedeiro (Tabela 1)

Tabela 1 – Principais fatores de virulência e suas funções na patogênese fúngica.

Fator de Virulência	Classificação	Papel biológico	Referência
Paracoccina (PCN)	Lectina	(I) Crescimento e morfogênese fúngica.	⁵¹⁻⁵³

Fator de Virulência	Classificação	Papel biológico	Referência
		(II) Estimula os macrófagos a produzirem altos níveis de NO e TNF- α .	
Respostas de Sistema Antioxidante contra Espécies Reativas de Oxigênio (ROS)	-	(I) Sistema antioxidante inclui enzimas como catalases, peroxidases e SODs. (II) Neutralizar os níveis tóxicos de superóxido gerados pelo hospedeiro e convertê-los em moléculas menos danosas.	54,55
Glicoproteína <i>PbDfg5P</i>	Adesina	(I) Adesina presente na superfície da membrana plasmática, que se liga a proteínas da MEC, como laminina, fibronectina, colágeno tipo I e colágeno tipo IV.	56
Fosfolipase B1 (PLB1) ancorada por GPI	Enzima	(I) Homeostase da membrana, aquisição de nutrientes e geração de moléculas bioativas. (II) Envolvida no processo de adesão e internalização de células leveduriformes na superfície celular de macrófagos alveolares (MH-S). (III) Regulação negativa da ativação de macrófagos.	26
Glicoproteína 43 (gp43)	Glicoproteína e principal antígeno intracelular secretado	(I) Proteína da parede celular que pode promover a aderência da levedura para a proteínas da MEC e produzir toxicidade.	22

Fator de Virulência	Classificação	Papel biológico	Referência
Glicoproteína 70 (gp70)	Glicoproteína antígeno intracelular	e (I) Evita a atividade fagocítica de macrófagos e compostos intermediários reativos de nitrogênio e oxigênio.	⁵⁷
α - (1,3) -glucano (alfa- (1,3) – glucano)	Polímero glucano	de (I) Este polissacarídeo existe apenas na forma de levedura do fungo e a transição para levedura depende da formação de ligações α -glucana dentro da parede celular. (II) <i>A. P. brasiliensis</i> utiliza a troca de β - (1,3) -glucano para α -glucana para evitar estimulação da resposta inflamatória. (III) Mascara o β - (1,3) -glucano, impedindo o reconhecimento do macrófago pelo receptor Dectina-1.	^{3,58}
β - (1,3) -glucano (beta – (1,3)- glucano)	Polímero glucano	de (I) Polissacarídeo presente na da parede celular do fungo que induz os mediadores macrófagos, como o TNF, sendo um fator determinante na modulação do processo inflamatório na paracoccidioidomicose. (II) Demonstrou desencadear a resposta inflamatória das células do pulmão. (III) Cepas avirulentas produzem uma resposta inflamatória maior porque suas paredes celulares contêm menos α -glucano e mais β -glucano.	^{3,59}

Fator de Virulência	Classificação	Papel biológico	Referência
Melanina	<i>Proteína</i> de pigmentação imunologicamente ativa	(I) Em infecções, protege as células microbianas dos mecanismos de defesa do hospedeiro infectado. (II) Células melanizadas de <i>P. brasiliensis</i> possuem maior resistência ao ataque por macrófagos alveolares e peritoneais, também ao ataque de produtos químicos dos macrófagos, como ROS e RNS. (II) São menos sensíveis a drogas antifúngicas, principalmente a anfotericina B.	⁶⁰⁻⁶²
Proteína PbPga1 ancorada no GPI	Glicoproteína de superfície; Antígeno	(I) Proteína imunorreguladora que pode ativar macrófagos e mastócitos (II) Promove o processo inflamatório associado à infecção por <i>P. brasiliensis</i> .	²⁹
Proteína 32 kDa	Hidrolise	(I) Capaz de se ligar a várias proteínas da MEC, incluindo laminina, fibronectina e fibrinogênio. (II) Está envolvida na adesão inicial dos conídios às células epiteliais pulmonares que expressam proteínas da MEC na superfície e subsequente resposta imune.	³⁰
AMP monofosfato-adenosina	(5'- proteína	Via de sinalização de cAMP	^{3,14}

Fator de Virulência	Classificação	Papel biológico	Referência
quinase exógeno	ativada)	(I) Usada para transduzir sinais que desencadeiam alterações morfológicas. (II) AMP exógeno inibe a transformação de <i>P. brasiliensis</i> de levedura em micélio e retém a patogenicidade da forma de levedura.	

3.4. IMUNOPATOGENIA

Os mecanismos de imunopatogenia e evasão da resposta imune podem ser divididos em processos de invasão pelo fungo, inibição da fagocitose e superação da situação do estresse osmótico, através das seguintes etapas: o beta-glucano da parede celular presente nas formas saprofiticas do fungo (conídios e micélios) é reconhecido pelo receptor Dectina-1 do macrófago; entretanto, a célula de levedura patogênica α - (1,3) -glucana mascara a β - (1,3) -glucana, evitando seu reconhecimento. Há sobrevivência intracelular de *Paracoccidioides* spp., de maneira que utiliza diversas estratégias para superar o ambiente hostil do hospedeiro, entre elas a promoção da invasão das células epiteliais pulmonares por meio da alteração de sua estrutura do citoesqueleto, processo auxiliado pela gp43, impede a fagocitose exibindo uma morfologia de multifloração ampliada, reforçada pela expressão de Cdc42, que prejudica fisicamente o engolfamento por macrófagos e adaptação ao ambiente hostil do hospedeiro. O fungo fagocitado muda seu metabolismo para tolerar as condições de estresse dos macrófagos e até mesmo modular a apoptose do hospedeiro, permitindo a morte do fungo. Durante infecções fúngicas agudas, as células de levedura invadem o timo alterando o arranjo espacial de suas células epiteliais, crucial para a diferenciação das células T e a resposta imune específica do patógeno⁶³.

3.5. RESPOSTA IMUNE

Os fungos dimórficos encontram vários meios para escapar da imunidade inata, celular e adaptativa. Depois de entrar nos pulmões, os conídios podem encontrar células do sistema imunológico inato do hospedeiro, incluindo neutrófilos, monócitos e macrófagos. Às vezes, a imunidade inata é capaz em si de conter o rumo da infecção usando o sistema complemento (ativado por meio das vias alternativa e

das lectinas), ou por células natural killer (NK), neutrófilos fagocíticos e monócitos residentes, e desenvolvimento de uma resposta inflamatória aguda. Os PAMPs no caso dos fungos são correspondentes a elementos de suas paredes celulares, que são reconhecidas por meio de receptores de reconhecimento de padrões (PRRs), como receptores invariantes Receptores Toll-Like (TLRs), receptores similares ao domínio de oligomerização ligante de nucleotídeo (NODs), receptores de lectina do tipo C (CLRs) e Dectinas⁶⁴.

A imunidade humoral, constituída por anticorpos específicos que reconhecem os fungos no sangue e fluidos corporais, e seu papel na PCM (anteriormente considerada controversa) parece ser relacionada à opsonização pela região Fc do isotipo IgG e pelo fragmento do complemento C3b que aumentará a eficiência da fagocitose. Apesar de o fungo não produzir toxinas, outro dispositivo importante é a citotoxicidade celular dependente de anticorpos (ADCC), em que células citotóxicas que possuem receptores para Fc IgG lisam o fungo por mecanismos que envolvem perforina, granzima e a indução de apoptose⁶.

No entanto, a menos que sejam ativadas por citocinas Th1, essas células dificilmente podem resistir aos conídios inalados, sem formar granuloma compacto. Dentre as células não ativadas, os conídios de *P. brasiliensis* são transformados em leveduras, que podem ser utilizadas para se espalhar no hospedeiro⁶⁵.

Ao utilizar o modelo de murinos houve um melhor entendimento da resposta imune causada por *P. brasiliensis*⁶⁶. A maioria das formas clínicas da doença se deve à incapacidade de produzir uma resposta Th1 eficaz e, portanto, à incapacidade de formar granulomas compactos. Nesses casos, é possível que haja desvio para outros modos de resposta imune, como de subpopulação de linfócitos Th2, que se mostra ineficaz no controle da disseminação da infecção. O excedente entre os padrões de resposta imune Th1 e Th2 determinará a resposta imune predominante e, conseqüentemente, resistência ou suscetibilidade em desenvolver a doença⁶⁶.

Nos estágios iniciais do processo de infecção, a falta de secreção de IL-4 torna difícil chegar a um resultado de sensibilidade de resposta Th2 típico. Em testes com camundongos resistente e suscetível através de anticorpos monoclonais de Interferons anti-gama, a depleção de interferon gama exacerbou infecções pulmonares, e o fungo já havia se espalhado para outros tecidos⁶⁷. Além disso, camundongos knockout para IFN- γ (interferon-gama) são altamente suscetíveis à doença, e sua mortalidade é elevada devido ao início da disseminação^{68,69}.

Estudos recentes indicam que INF- γ ativa macrófagos para produzir o óxido nítrico intermediário reativo (NO), que inibe a conversão de conídios de *P. brasiliensis* em levedura, mas é provável que tenha um efeito adjuvante induzindo a imunossupressão observada em humanos e paracoccidioidomicoses murinas^{70,71}. Além disso, os macrófagos parecem adotar um dispositivo de restrição de ferro para evitar que os conídios ingeridos se transformem em leveduras^{72,73}. O INF- γ também estimula macrófagos infectados por *P. brasiliensis* a secretar TNF- α (fator de necrose tumoral alfa), que é necessário para a sobrevivência dos granulomas⁶⁸. Ratos sem o receptor p55 do TNF- α são mais suscetíveis à infecção, que ao mesmo tempo leva a um aumento de células de levedura viáveis e danos à estrutura do granuloma^{68,69}. Este aumento na sensibilidade ao receptor p55 de camundongos knockout foi associado a uma diminuição na produção. Assim, tanto o INF- γ quanto o TNF- α aparentemente conferem resistência ao *P. brasiliensis* por estimular a formação e não produção de granulomas, controlando assim a infecção.

Estudo de Soares et al., 2001 com monócitos humanos indicam que os efeitos da resposta da subpopulação Th1, através de INF- γ e do TNF- α são reduzidos pelas prostaglandinas, que são provavelmente secretadas pelas células hospedeiras em resposta ao patógeno e podem estar envolvidas na supressão da resposta imune⁷⁴. Trabalho de Gómez et al., 2001 indicam que, em *P. brasiliensis*, conídios e células de levedura produzem melaninas, o que é um achado importante, uma vez que as melaninas estão envolvidas na virulência de patógenos em plantas e animais⁷⁵. Pesquisas têm demonstrado que outros fagócitos, leucócitos polimorfonucleares, também exercem efeito fungistático através de ativação por INF- γ e fator estimulador de colônia de granulócitos macrófagos (GM-CSF)⁷⁶.

Além dos itens listados acima, os pacientes que desenvolvem a doença expressam altos níveis de citocinas relacionadas a Th2, como interleucinas IL-4, IL-5, IL10 e TGF- β (fator de transformação do crescimento beta), além de anticorpos específicos da imunoglobulina E (IgE) e subclasse IgG4 associadas à eosinofilia local e periférica^{77,78}. Esse desequilíbrio de citocinas reduz a capacidade microbicida e a apresentação antigênica de macrófagos ativados, levando ao desenvolvimento de paracoccidioidomicose. Nesse contexto, as formas mais graves evoluem com predomínio da resposta imune tipo Th2, com maior ativação de células B, hipergamaglobulinemia e altos títulos de anticorpos específicos, cujo tamanho geralmente se correlaciona positivamente com a gravidade e disseminação da doença⁷⁹. Nesses pacientes, a disfunção das células T pode ser documentada por testes cutâneos negativos, como a PCN. Por fim, é importante enfatizar a imunidade humoral apesar de ser pensada

em não desempenhar um papel tão importante na defesa nesse caso há mecanismo de defesa do hospedeiro contra *P. brasiliensis*, pois tem efeito de ativação policlonal de linfócitos B e aumenta imunoglobulinas (IgA, IgG e IgE) que podem atuar na opsonização fúngica⁶.

O título eficaz desses anticorpos geralmente persiste após o tratamento bem-sucedido da doença, o que indica que eles não têm efeito protetor. No entanto, evidências recentes mostram que tanto humanos quanto camundongos produzem um grande número de anticorpos anti-idiotípicos que estão relacionados à gravidade da doença, indicando uma resposta imune humoral mais complexa que precisa ser mais bem elucidada⁸⁰.

Pacientes com PCM crônica exibem uma resposta Th1 / Th17 / Th22 característica de granuloma. As citocinas IFN- γ , TNF- β e citocinas relacionadas ao perfil Th17 (IL-6 e IL-23) são essenciais para a formação / manutenção dos granulomas na PCM⁸¹. A resposta Th22 é caracterizada pela liberação da citocina interleucina 22 (IL-22). O tipo de resposta imune Th2 / Th9 é representativo da PCM aguda, e os pacientes com esta manifestação clínica da doença apresentam níveis elevados de interleucina 4 (IL-4), interleucina 5 (IL-5) e interleucina 9 (IL-9) e interleucina 21 (IL-21) (sendo as IL-9 e IL-21 característicos da Th9) e teste cutâneo de paracoccidioidina não reativo. Esses dados refletem uma diminuição significativa na imunidade mediada por células na PCM aguda⁷⁸.

Além disso, vários estudos correlacionam um papel importante das células T regulatórias ao controle da resposta imunológica⁸². Um dos dispositivos imprescindíveis para resposta imune é a autorregulação, que medeia a infecção pela resposta imune, ou seja, se a potência da infecção diminui, a resposta diminui também, impedindo assim respostas excessivas e patológicas. Um dos meios envolvidos na autorregulação envolve uma subpopulação de células T denominadas linfócitos T reguladores (Treg, com fenótipo FoxP3)⁸². Respostas imunes do tipo Tr1 (linfócitos reguladores 1) parecem causar baixa imunopatologia através da liberação de IL-10. Resultados de estudo de Moreira, 2019 mostraram que pacientes com a forma aguda da PCM apresentam maiores concentrações séricas de IL-27 e uma maior porcentagem de células Tr1 no sangue periférico quando comparados a pacientes com a forma crônica da doença e doadores saudáveis (Quadro 1)^{83,84}.

Quadro 1 - Visão geral das subpopulações de células Th (*helper*) CD4+ em infecções fúngicas.

Células Th	Citocinas	Funções
Th1	INF- γ / TNF- α	Eliminação fúngica Inflamação
Th17	IL-17A/ IL-17F	Defensinas Recrutamento de neutrófilos Inflamação
Th22	IL-22	Defensinas Homeostase tecidual
Th2	IL-4/ IL-13	Resposta Humoral Alergia
Th9	IL-9/ IL-10	Inflamação tecidual
Treg	IL-10/ TGF- β	Baixa inflamação Imunossupressão
Tr1	IL-10	Baixa imunopatologia

Fonte: Adaptado de BORGHI et al., 2014⁸⁴.

Estudos centrados na proporção mais baixa de células CD4 + para células CD8 + estão relacionados ao comprometimento da imunidade mediada por células. Esses estudos fornecem algumas evidências de que a proporção CD4 +/ CD8 + de indivíduos com PCM é menor^{3,85}. Em camundongos resistentes e suscetíveis, também foi demonstrado que as células CD8 + podem limpar células fúngicas e controlar sua propagação por meio da depleção de anticorpos monoclonais, mas não têm efeito na produção de anticorpos específicos. Os linfócitos T CD8+ em pacientes com PCM estão em um estado de ativação inferior, expressam uma quantidade menor de receptores de IL-15 e produzem níveis basais de grânulos citotóxicos (granzima A, B, perforina e granulína). Esses fatores, assim como outros mecanismos que prejudicam a imunidade celular, podem resultar em atividade citotóxica insuficiente, reduzindo a capacidade de destruição do fungo⁸⁶.

DISCUSSÃO

Para causar infecção invasiva em humanos (por exemplo, pneumonia), os fungos devem superar as barreiras estruturais, térmicas e imunológicas. Para instaurar a infecção, os fungos dimórficos não só precisam se transformar em leveduras, mas também precisam ser resistentes a ROS e NO, produzidas por macrófagos e neutrófilos. Pequenos conídios de fungos termicamente dimórficos podem contornar as defesas estruturais do pulmão (por exemplo, o epitélio ciliar) e entrar no trato respiratório inferior. No pulmão, os conídios se ligam às células imunes inatas através de receptores

de lectina e manose, sofrem fagocitose, germinam e se multiplicam intracelularmente como levedura de floração⁸⁷.

A importância da identificação dos fatores de virulência de *P. brasiliensis* e de outros fungos são imprescindíveis para o entendimento da patogênese e da interação do fungo com hospedeiro. O foco nestes fatores pode permitir pesquisas com terapêutica voltada para eles como alvos potenciais no combate da doença através da eliminação ou parada do crescimento do microorganismo, por exemplo⁸⁸.

Nesse sentido, o β -1,3-glucano é um dos grandes candidatos de interesse para *P. brasiliensis*, pois ele requer uridina difosfato (UDP)-glicose como o precursor de nucleotídeo de preferência para a síntese *in vitro* de b-glucano. A 1,3- β -glucana sintase é regulada por Rho GTPases, um regulador multifuncional associado a múltiplas proteínas. As equinocandinas rompem as membranas celulares e causam perda da atividade enzimática da β -1,3-glucano sintase sem ligação direta ao sítio catalítico, prejudicando a estrutura da parede celular e a pressão osmótica. A descoberta de novos inibidores da síntese de β -1,3-glucano pode potencializar os efeitos de uma droga⁸⁹.

As ações de adesão e invasão fúngicas são determinantes para virulência e durante esse processo, as adesinas que se ligam a receptores parecem estar presentes no gênero em questão, assim como, proteínas associadas a MEC que são responsáveis por modulação da migração, invasão, diferenciação e proliferação fúngica⁹⁰.

Um estudo de revisão identificou quatro peptídeos que se demonstraram ter forte ligação com a parede celular de *P. brasiliensis* e que inibiram mais de 60% da aderência do fungo a pneumócitos *in vitro* e mais de 50% da adesão a componentes da MEC (laminina, fibronectina e colágeno tipo I e IV). Dessa forma, a sugestão de uma terapia anti-adesão pode ser uma estratégia bastante perspicaz para o caso clínico⁹¹.

PCN é uma proteína com funções de ligação à N-acetilglucosamina e quitina e pode atuar como uma N-acetilglucosaminidase, além de poder participar da morfogênese fúngica. O silenciamento desta proteína pode ser um futuro agente promissor no combate fúngico⁵¹. Além disso, a busca por alvos inibidores presentes em patógenos, mas não em humanos também se tornou bem pesquisado em virtude da possível inibição de vias de produção de moléculas, como aminoácidos aromáticos, folatos, naftoquinonas e menaquinonas, como a Homoserina desidrogenase (PbHSD) e proteína aspartil protease (PbSap)⁸⁸.

A melanina é um fator de virulência capaz de proteger o fungo de danos mediados por radicais livres de ROS e RNS, além de elevar a resistência ao H₂O₂ e ao hipoclorito. A lacase é responsável pela produção do pigmento melanina. Nesse contexto, a busca por inibidores da lacase pode resultar na inibição da melanina, diminuindo a resistência de *P. brasiliensis* a antifúngicos⁶⁰.

No que se refere à patogênese da infecção fúngica, a lesão granulomatosa é um agregado de fagócitos gerados por uma resposta Th1, através de mediadores pró-inflamatórios da família IL-1, os quais promovem a indução da imunidade inata e remodelamento tecidual descontrolado (geração de sequelas). A principal via inflamatória relacionada à secreção de IL-1 β , IL-18 e IL-1 α é ativação de inflamassomas (complexos proteicos responsáveis por ativar proteoliticamente a enzima caspase-1⁹².

Os granulomas formados pela doença podem ser caracterizados como compactos ou frouxos, sendo os primeiros relacionados a forma mais leve da doença e os segundos os mais comuns. Esses últimos são caracteristicamente circundados por extensa fibrose cicatricial de colágeno, resultado quase constante da análise anatomopatológica dessa forma da doença. Do ponto de vista morfológico, após reativação endógena nos hilos e posterior disseminação pulmonar por inversão linfática, as alterações na PCM assumem distribuição centrífuga após a migração fúngica⁹³.

Mendes-Giannini et al., 2000 relataram em pulmões afetados por lesões crônicas, além de granulomas, fibrose densa e proliferação de fibras de reticulina, mesmo em áreas onde não foram encontrados granulomas⁹⁴. Na macroscopia, as lesões são predominantes ao redor do hilo, com septos fibrosos espalhados centralmente pelo parênquima pulmonar. Estudos experimentais em camundongos BALB/c mostram que essa resposta fibrótica aos *Paracoccidioides* ocorre pelo menos 12 a 16 semanas após a inoculação intranasal de formas vivas de fungos, com uma extensa resposta inflamatória contra esses conídios levando não apenas à formação de granuloma já descrita, mas também à produção e degradação excessiva de colágeno I e III nos pulmões⁹⁵. À medida que a infecção progride, foi demonstrado que o colágeno solto e as fibras finas de reticulina dão lugar ao colágeno denso e às fibras grossas de reticulina que caracterizam a fibrose do tecido^{95,96}.

Transcrições prontas de proteínas fúngicas podem facilitar a adaptação rápida de conídios que germinam como leveduras ao ambiente do hospedeiro favorecendo a geração de biofilme⁹⁷. Desse modo, o tipo de resposta imune predominante no paciente será de extrema importância para a definição da formação de granuloma e fibrose pulmonar, assim como a proliferação citocinas inflamatórias são relevantes para a incapacitação da disseminação fúngica pelo corpo, podendo, assim diferenciar os efeitos parácrinos dos sistêmicos⁸⁷.

O processo de fibrose parece ser reversível em alguns animais infectados⁹⁸. Mais recentemente, Naranjo et al. propuseram um possível papel protetor da pentoxifilina, um conhecido antagonista do receptor do TNF- α , por meio de seu efeito antifibrótico inibindo a proliferação de fibroblastos e a síntese de glicosaminoglicanos, fibronectina e colágeno, que são exacerbados na infecção pulmonar por *Paracoccidioides*⁹⁶. Esse fármaco teria um papel na redução da incidência das consequências mais preocupantes da paracoccidioidomicose pulmonar, que é o desenvolvimento de fibrose e seus efeitos clínicos e funcionais em indivíduos infectados, historicamente descritos como extensos e incapacitantes⁹⁶.

Relacionado ao diagnóstico sorológico, as glicoproteínas gp43 e a gp70 são os antígenos primários de ensaios sorológicos para detecção de *P. brasiliensis*, como ensaio imunoenzimático, imunodifusão dupla, ensaio de aglutinação em látex, reação de contra-immunoeletoforese e imunoblot⁹⁹, porém *P. lutzii* apresenta variação antigênica notável, e como esses testes foram desenvolvidas com antígenos da *P. brasiliensis*, há possibilidades de falso-negativo¹⁰⁰. Ainda sobre as glicoproteínas com função de antígeno, em um estudo de ensaio clínico, a gp43 aumentou a expressão de TLR2 e TLR4 por neutrófilos polimorfonucleares (PMNs) e induziu citocinas prostaglandina E2 (PGE2) e antagonista de interleucina-17 (IL-17A) via TLR4 e TLR2, respectivamente. Isso indica que a glicoproteína em destaque pode modular a susceptibilidade do hospedeiro à infecção fúngica por meio do escape imunológico com essas citocinas¹⁰¹. Ademais, a gp43 induz uma resposta protetora T-CD4+ mediada pela intensa produção de IFN-gama em camundongos imunizados com a proteína ou seu gene¹⁰¹.

As proteínas Hsp60 e Hsp70 são imunogênicas e podem ser candidatas potenciais para imunoterapia, pois são os principais alvos da resposta imune do hospedeiro durante infecções^{42,44}. Além disso, inibidores seletivos para Hsp90 fúngica já foram desenvolvidos com índices terapêuticos aceitáveis para o tratamento de infecções fúngicas invasivas⁴⁵.

As limitações do estudo esbarram em uma melhor compreensão do controle da inflamação, das bases moleculares e genéticas da regulação e sua ruptura pelo patógeno fúngico, o qual tem baixa virulência e mesmo assim pode após um longo período de incubação subverter a imunidade e causar diversas formas clínicas no hospedeiro⁶.

CONCLUSÃO

Os aspectos clínicos da doença e biologia do fungo estão interligados e trazem à tona diversos fatores que revelam a patogênese do fungo nas mais diversas circunstâncias de invasão, seja direta ou

indireta, produção de biofilme e disseminação, com evolução ou involução do quadro do paciente e das formas clínicas da doença. O fungo ativa um sistema extremamente misto e complexo de mecanismos para sobrevivência e disseminação. A resposta imune protetora contra *P. brasiliensis* é conduzida por citocinas inflamatórias ativadoras, células efetoras ativadas e forma de controle da inflamação excessiva através de células regulatórias e citocinas. Novos estudos das ômicas poderão contribuir com novos elementos para melhor entendimento dos aspectos do fungo. Vale ressaltar que os fatores que envolvem a patobiologia do fungo são imprescindíveis para elucidar novas terapias e tratamentos frente à virulência dele.

REFERÊNCIAS

1. Gauthier GM. Dimorphism in fungal pathogens of mammals, plants, and insects. *PLoS Pathog.* 2015;11(2):e1004608-e1004608. doi:10.1371/journal.ppat.1004608
2. Pappas PG, Alexander BD, Andes DR, et al. Invasive fungal infections among organ transplant recipients: results of the Transplant-Associated Infection Surveillance Network (TRANSNET). *Clin Infect Dis.* 2010;50(8):1101-1111. doi:10.1086/651262
3. Borges-Walmsley MI, Chen D, Shu X, Walmsley AR. The pathobiology of *Paracoccidioides brasiliensis*. *Trends Microbiol.* 2002;10(2):80-87. doi:10.1016/s0966-842x(01)02292-2
4. Cezar-dos-Santos F, Assolini JP, Okuyama NCM, Viana KF, de Oliveira KB, Itano EN. Unraveling the susceptibility of paracoccidioidomycosis: Insights towards the pathogen-immune interplay and immunogenetics. *Infection, Genetics and Evolution.* 2020;86:104586. doi:10.1016/j.meegid.2020.104586
5. Casadevall A, Pirofski LA. Virulence factors and their mechanisms of action: the view from a damage-response framework. *J Water Health.* 2009;7 Suppl 1:S2-S18. doi:10.2166/wh.2009.036
6. Romani L. Immunity to fungal infections. *Nature Reviews Immunology.* 2011;11(4):275-288. doi:10.1038/nri2939
7. Nemecek JC, Wüthrich M, Klein BS. Global control of dimorphism and virulence in fungi. *Science.* 2006;312(5773):583-588. doi:10.1126/science.1124105
8. Gauthier G, Klein BS. Insights into Fungal Morphogenesis and Immune Evasion: Fungal conidia, when situated in mammalian lungs, may switch from mold to pathogenic yeasts or spore-forming spherules. *Microbe Wash DC.* 2008;3(9):416-423. doi:10.1128/microbe.3.416.1
9. Fisher MC, Koenig GL, White TJ, et al. Biogeographic range expansion into South America by *Coccidioides immitis* mirrors New World patterns of human migration. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2001;98(8):4558-4562. doi:10.1073/pnas.071406098
10. Boyce KJ, Andrianopoulos A. Fungal dimorphism: the switch from hyphae to yeast is a specialized morphogenetic adaptation allowing colonization of a host. *FEMS Microbiology Reviews.* 2015;39(6):797-811. doi:10.1093/femsre/fuv035
11. Bastos KP, Bailão AM, Borges CL, et al. The transcriptome analysis of early morphogenesis in *Paracoccidioides brasiliensis* mycelium reveals novel and induced genes potentially associated to the dimorphic process. *BMC Microbiol.* 2007;7:29-29. doi:10.1186/1471-2180-7-29
12. Chaves AFA, Navarro MV, Castilho DG, Calado JCP, Conceição PM, Batista WL. A conserved dimorphism-regulating histidine kinase controls the dimorphic switching in *Paracoccidioides brasiliensis*. *FEMS Yeast Research.* 2016;16(5). doi:10.1093/femsyr/fow047
13. Lengeler KB, Davidson RC, D'souza C, et al. Signal transduction cascades regulating fungal development and virulence. *Microbiol Mol Biol Rev.* 2000;64(4):746-785. doi:10.1128/MMBR.64.4.746-785.2000
14. Amich J, Schaffner L, Haas H, Krappmann S. Regulation of Sulphur Assimilation Is Essential for Virulence and Affects Iron Homeostasis of the Human-Pathogenic Mould *Aspergillus fumigatus*. *PLOS Pathogens.* 2013;9(8):e1003573. doi:10.1371/journal.ppat.1003573

15. Cruz MC, Goldstein AL, Blankenship J, et al. Rapamycin and less immunosuppressive analogs are toxic to *Candida albicans* and *Cryptococcus neoformans* via FKBP12-dependent inhibition of TOR. *Antimicrob Agents Chemother.* 2001;45(11):3162-3170. doi:10.1128/AAC.45.11.3162-3170.2001
16. Puccia R, Vallejo MC, Longo LVG. The Cell Wall-Associated Proteins in the Dimorphic Pathogenic Species of *Paracoccidioides*. *Curr Protein Pept Sci.* 2017;18(11):1074-1089. doi:10.2174/1389203717666160812233437
17. Klein BS, Tebbets B. Dimorphism and virulence in fungi. *Curr Opin Microbiol.* 2007;10(4):314-319. doi:10.1016/j.mib.2007.04.002
18. Puccia R, Vallejo MC, Matsuo AL, Longo LVG. The paracoccidioides cell wall: past and present layers toward understanding interaction with the host. *Front Microbiol.* 2011;2:257. doi:10.3389/fmicb.2011.00257
19. Paracoccin from *Paracoccidioides brasiliensis*; purification through affinity with chitin and identification of N-acetyl- β -D-glucosaminidase activity - dos Reis Almeida - 2010 - Yeast - Wiley Online Library. Accessed March 4, 2022. https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/yea.1731?casa_token=aTBa8iMQ5Q0AAAAA%3Am06hdbIXzJYWauEOOfdHBK_4p0u8RETcBdfg4JNxyF8K5NrKn7TLBvBn0e8tfsNH6bjhHgziSOQH04L1
20. Longo LVG, da Cunha JPC, Sobreira TJP, Puccia R. Proteome of cell wall-extracts from pathogenic *Paracoccidioides brasiliensis*: Comparison among morphological phases, isolates, and reported fungal extracellular vesicle proteins. *EuPA Open Proteomics.* 2014;3:216-228. doi:10.1016/j.euprot.2014.03.003
21. Mendes-Giannini MJS, Andreotti PF, Vincenzi LR, et al. Binding of extracellular matrix proteins to *Paracoccidioides brasiliensis*. *Microbes and Infection.* 2006;8(6):1550-1559. doi:10.1016/j.micinf.2006.01.012
22. Torres I, Hernandez O, Tamayo D, et al. Inhibition of PbGP43 expression may suggest that gp43 is a virulence factor in *Paracoccidioides brasiliensis*. *PLoS One.* 2013;8(7):e68434-e68434. doi:10.1371/journal.pone.0068434
23. Donofrio FC, Calil ACA, Miranda ET, et al. Enolase from *Paracoccidioides brasiliensis*: isolation and identification as a fibronectin-binding protein. *Journal of Medical Microbiology.* 58(6):706-713. doi:10.1099/jmm.0.003830-0
24. Marcos CM, da Silva J de F, de Oliveira HC, et al. Decreased expression of 14-3-3 in *Paracoccidioides brasiliensis* confirms its involvement in fungal pathogenesis. *Virulence.* 2016;7(2):72-84. doi:10.1080/21505594.2015.1122166
25. Tavares AHFP, Silva SS, Dantas A, et al. Early transcriptional response of *Paracoccidioides brasiliensis* upon internalization by murine macrophages. *Microbes Infect.* 2007;9(5):583-590. doi:10.1016/j.micinf.2007.01.024
26. Soares DA, de Andrade RV, Silva SS, Bocca AL, Soares Felipe SM, Petrofeza S. Extracellular *Paracoccidioides brasiliensis* phospholipase B involvement in alveolar macrophage interaction. *BMC Microbiol.* 2010;10:241-241. doi:10.1186/1471-2180-10-241
27. da Silva Castro N, Barbosa MS, Maia ZA, et al. Characterization of *Paracoccidioides brasiliensis* PbDfg5p, a cell-wall protein implicated in filamentous growth. *Yeast.* 2008;25(2):141-154. doi:10.1002/yea.1574

28. Smith KJ, Norwood C, Skelton H. Treatment of disseminated granuloma annulare with a 5-lipoxygenase inhibitor and vitamin E. *British Journal of Dermatology*. 2002;146(4):667-670. doi:10.1046/j.1365-2133.2002.04590.x
29. Valim CXR, da Silva EZM, Assis MA, et al. rPbPga1 from *Paracoccidioides brasiliensis* Activates Mast Cells and Macrophages via NFκB. *PLoS Negl Trop Dis*. 2015;9(8):e0004032-e0004032. doi:10.1371/journal.pntd.0004032
30. Hernández O, Almeida AJ, Gonzalez A, et al. A 32-kilodalton hydrolase plays an important role in *Paracoccidioides brasiliensis* adherence to host cells and influences pathogenicity. *Infect Immun*. 2010;78(12):5280-5286. doi:10.1128/IAI.00692-10
31. Frontiers | Extracellular vesicles including exosomes in cross kingdom regulation: a viewpoint from plant-fungal interactions | Plant Science. Accessed March 4, 2022. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2015.00766/full>
32. The Pathogenic Fungus *Paracoccidioides brasiliensis* Exports Extracellular Vesicles Containing Highly Immunogenic α-Galactosyl Epitopes | Eukaryotic Cell. Accessed March 4, 2022. <https://journals.asm.org/doi/full/10.1128/EC.00227-10>
33. Vallejo MC, Nakayasu ES, Longo LVG, et al. Lipidomic Analysis of Extracellular Vesicles from the Pathogenic Phase of *Paracoccidioides brasiliensis*. *PLOS ONE*. 2012;7(6):e39463. doi:10.1371/journal.pone.0039463
34. Vallejo MC, Nakayasu ES, Matsuo AL, et al. Vesicle and Vesicle-Free Extracellular Proteome of *Paracoccidioides brasiliensis*: Comparative Analysis with Other Pathogenic Fungi. *J Proteome Res*. 2012;11(3):1676-1685. doi:10.1021/pr200872s
35. da Silva RP, Heiss C, Black I, et al. Extracellular vesicles from *Paracoccidioides* pathogenic species transport polysaccharide and expose ligands for DC-SIGN receptors. *Sci Rep*. 2015;5(1):14213. doi:10.1038/srep14213
36. Vesículas extracelulares de espécies patogênicas de *Paracoccidioides* transportam polissacarídeos e expõem ligantes para receptores DC-SIGN | Relatórios Científicos. Accessed March 4, 2022. <https://www.nature.com/articles/srep14213>
37. García-Carnero LC, Pérez-García LA, Martínez-Álvarez JA, Reyes-Martínez JE, Mora-Montes HM. Current trends to control fungal pathogens: exploiting our knowledge in the host-pathogen interaction. *Infect Drug Resist*. 2018;11:903-913. doi:10.2147/IDR.S170337
38. Brown AJP, Budge S, Kaloriti D, et al. Stress adaptation in a pathogenic fungus. *J Exp Biol*. 2014;217(1):144-155. doi:10.1242/jeb.088930
39. Ji LL, Yeo D. Oxidative stress: an evolving definition. *Fac Rev*. 2021;10:13. doi:10.12703/r/10-13
40. Chaves AFA, Navarro MV, de Barros YN, Silva RS, Xander P, Batista WL. Updates in *Paracoccidioides* Biology and Genetic Advances in Fungus Manipulation. *J Fungi (Basel)*. 2021;7(2):116. doi:10.3390/jof7020116
41. Parente AFA, Naves PEC, Pigosso LL, et al. The response of *Paracoccidioides* spp. to nitrosative stress. *Microbes Infect*. 2015;17(8):575-585. doi:10.1016/j.micinf.2015.03.012
42. Cleare LG, Zamith-Miranda D, Nosanchuk JD. Heat Shock Proteins in *Histoplasma* and *Paracoccidioides*. *Clin Vaccine Immunol*. 2017;24(11):e00221-17. doi:10.1128/CVI.00221-17

43. Sil A, Andrianopoulos A. Thermally Dimorphic Human Fungal Pathogens--Polyphyletic Pathogens with a Convergent Pathogenicity Trait. *Cold Spring Harb Perspect Med.* 2014;5(8):a019794-a019794. doi:10.1101/cshperspect.a019794
44. Peron G, Fernandes FF, Landgraf TN, Martinez R, Panunto-Castelo A. Recombinant 60-kDa heat shock protein from *Paracoccidioides brasiliensis*: is it a good antigen for serological diagnosis of paracoccidioidomycosis? *Braz J Med Biol Res.* 2017;50(4):e5928-e5928. doi:10.1590/1414-431X20175928
45. Moura ÁND, Oliveira DSL de, Paredes V, et al. *Paracoccidioides* HSP90 Can Be Found in the Cell Surface and Is a Target for Antibodies with Therapeutic Potential. *J Fungi (Basel).* 2020;6(4):193. doi:10.3390/jof6040193
46. de Carli ML, Miyazawa M, Nonogaki S, et al. M2 macrophages and inflammatory cells in oral lesions of chronic paracoccidioidomycosis. *J Oral Pathol Med.* 2016;45(2):141-147. doi:10.1111/jop.12333
47. Moreira AP, Cavassani KA, Massafera Tristão FS, et al. CCR5-dependent regulatory T cell migration mediates fungal survival and severe immunosuppression. *J Immunol.* 2008;180(5):3049-3056. doi:10.4049/jimmunol.180.5.3049
48. Teixeira M de M, Theodoro RC, Derengowski L da S, Nicola AM, Bagagli E, Felipe MS. Molecular and Morphological Data Support the Existence of a Sexual Cycle in Species of the Genus *Paracoccidioides*. *Eukaryot Cell.* 2013;12(3):380-389. doi:10.1128/EC.05052-11
49. Li W, Metin B, White TC, Heitman J. Organization and Evolutionary Trajectory of the Mating Type (MAT) Locus in Dermatophyte and Dimorphic Fungal Pathogens. *Eukaryot Cell.* 2010;9(1):46-58. doi:10.1128/EC.00259-09
50. de Melo Teixeira M, Cattana ME, Matute DR, et al. Genomic diversity of the human pathogen *Paracoccidioides* across the South American continent. *Fungal Genet Biol.* 2020;140:103395. doi:10.1016/j.fgb.2020.103395
51. Ganiko L, Puccia R, Mariano VS, et al. Paracoccin, an N-acetyl-glucosamine-binding lectin of *Paracoccidioides brasiliensis*, is involved in fungal growth. *Microbes Infect.* 2007;9(6):695-703. doi:10.1016/j.micinf.2007.02.012
52. Fernandes Fabrício F., Oliveira Aline F., Landgraf Taise N., et al. Impact of Paracoccin Gene Silencing on *Paracoccidioides brasiliensis* Virulence. *mBio.* 2017;8(4):e00537-17. doi:10.1128/mBio.00537-17
53. dos Reis Almeida FB, de Oliveira LL, Valle de Sousa M, Roque Barreira MC, Hanna ES. Paracoccin from *Paracoccidioides brasiliensis*; purification through affinity with chitin and identification of N-acetyl-beta-D-glucosaminidase activity. *Yeast.* 2010;27(2):67-76. doi:10.1002/yea.1731
54. Tamayo D, Muñoz JF, Lopez Á, et al. Identification and Analysis of the Role of Superoxide Dismutases Isoforms in the Pathogenesis of *Paracoccidioides* spp. *PLOS Neglected Tropical Diseases.* 2016;10(3):e0004481. doi:10.1371/journal.pntd.0004481
55. Navarro MV, Chaves AFA, Castilho DG, et al. Effect of Nitrosative Stress on the S-Nitroso-Proteome of *Paracoccidioides brasiliensis*. *Front Microbiol.* 2020;11:1184-1184. doi:10.3389/fmicb.2020.01184

56. da Silva J de F, de Oliveira HC, Marcos CM, et al. Paracoccidioides brasiliensis 30 kDa Adhesin: Identification as a 14-3-3 Protein, Cloning and Subcellular Localization in Infection Models. *PLoS One*. 2013;8(4):e62533. doi:10.1371/journal.pone.0062533
57. Grosso D de M. Gp70 de Paracoccidioides brasiliensis: caracterização molecular e produção de anticorpos monoclonais bloqueadores do desenvolvimento da doença. Published online 2003. Accessed July 15, 2021. <https://bv.fapesp.br/pt/dissertacoes-teses/6654/gp70-de-paracoccidioides-brasiliensis-caracterizacao-molecul>
58. Souza ACO, Favali C, Soares NC, et al. New Role of *P. brasiliensis* α -Glucan: Differentiation of Non-conventional Dendritic Cells. *Front Microbiol*. 2019;10:2445. doi:10.3389/fmicb.2019.02445
59. Tomazett PK, Félix CR, Lenzi HL, de Paula Faria F, de Almeida Soares CM, Pereira M. 1,3- β -D-Glucan synthase of Paracoccidioides brasiliensis: recombinant protein, expression and cytolocalization in the yeast and mycelium phases. *Fungal Biol*. 2010;114(10):809-816. doi:10.1016/j.funbio.2010.07.007
60. Taborda CP, da Silva MB, Nosanchuk JD, Travassos LR. Melanin as a virulence factor of Paracoccidioides brasiliensis and other dimorphic pathogenic fungi. *Mycopathologia*. 2008;165(4-5):331-339.
61. Portis IG, de Sousa Lima P, Paes RA, et al. Copper overload in Paracoccidioides lutzii results in the accumulation of ergosterol and melanin. *Microbiol Res*. 2020;239:126524. doi:10.1016/j.micres.2020.126524
62. Almeida-Paes R, Almeida MA, Baeza LC, et al. Beyond Melanin: Proteomics Reveals Virulence-Related Proteins in Paracoccidioides brasiliensis and Paracoccidioides lutzii Yeast Cells Grown in the Presence of L-Dihydroxyphenylalanine. *J Fungi (Basel)*. 2020;6(4):328. doi:10.3390/jof6040328
63. Camacho E, Niño-Vega GA. Paracoccidioides Spp.: Virulence Factors and Immune-Evasion Strategies. *Mediators Inflamm*. 2017;2017:5313691-5313691. doi:10.1155/2017/5313691
64. Burger E. Paracoccidioidomycosis Protective Immunity. *J Fungi (Basel)*. 2021;7(2):137. doi:10.3390/jof7020137
65. Calich VLG, da Costa TA, Felonato M, et al. Innate immunity to Paracoccidioides brasiliensis infection. *Mycopathologia*. 2008;165(4-5):223-236. doi:10.1007/s11046-007-9048-1
66. Fortes MRP, Miot HA, Kurokawa CS, Marques MEA, Marques SA. Imunologia da paracoccidioidomicose. *An Bras Dermatol*. 2011;86:516-524. doi:10.1590/S0365-05962011000300014
67. Bozzi A, Reis BS, Pereira PP, Pedroso EP, Goes AM. Interferon-gamma and interleukin-4 single nucleotide gene polymorphisms in Paracoccidioidomycosis. *Cytokine*. 2009;48(3):212-217. doi:10.1016/j.cyto.2009.07.011
68. Souto JT, Figueiredo F, Furlanetto A, Pfeffer K, Rossi MA, Silva JS. Interferon-gamma and tumor necrosis factor-alpha determine resistance to Paracoccidioides brasiliensis infection in mice. *Am J Pathol*. 2000;156(5):1811-1820. doi:10.1016/s0002-9440(10)65053-5
69. Deepe GSJ, Romani L, Calich VL, et al. Knockout mice as experimental models of virulence. *Med Mycol*. 2000;38 Suppl 1:87-98.

70. Angulo I, de las Heras FG, García-Bustos JF, Gargallo D, Muñoz-Fernández MA, Fresno M. Nitric oxide-producing CD11b(+)Ly-6G(Gr-1)(+)CD31(ER-MP12)(+) cells in the spleen of cyclophosphamide-treated mice: implications for T-cell responses in immunosuppressed mice. *Blood*. 2000;95(1):212-220.
71. Gonzalez A, de Gregori W, Velez D, Restrepo A, Cano LE. Nitric oxide participation in the fungicidal mechanism of gamma interferon-activated murine macrophages against *Paracoccidioides brasiliensis* conidia. *Infect Immun*. 2000;68(5):2546-2552. doi:10.1128/IAI.68.5.2546-2552.2000
72. Dias-Melicio LA, Calvi SA, Peraçoli MTS, Soares ÂMV de C. Inhibitory effect of deferoxamine on *Paracoccidioides brasiliensis* survival in human monocytes: reversal by holotransferrin not by apotransferrin. *Rev Inst Med trop S Paulo*. 2005;47:263-266. doi:10.1590/S0036-46652005000500005
73. Gonzalez A, Restrepo A, Cano LE. Role of iron in the nitric oxide-mediated fungicidal mechanism of IFN-gamma-activated murine macrophages against *Paracoccidioides brasiliensis* conidia. *Rev Inst Med trop S Paulo*. 2007;49:11-16. doi:10.1590/S0036-46652007000100003
74. Soares AM, Calvi SA, Peraçoli MT, Fernandez AC, Dias LA, Dos Anjos AR. Modulatory effect of prostaglandins on human monocyte activation for killing of high- and low-virulence strains of *Paracoccidioides brasiliensis*. *Immunology*. 2001;102(4):480-485. doi:10.1046/j.1365-2567.2001.01179.x
75. Gómez BL, Nosanchuk JD, Díez S, et al. Detection of melanin-like pigments in the dimorphic fungal pathogen *Paracoccidioides brasiliensis* in vitro and during infection. *Infect Immun*. 2001;69(9):5760-5767. doi:10.1128/IAI.69.9.5760-5767.2001
76. Kurita N, Oarada M, Miyaji M, Ito E. Effect of cytokines on antifungal activity of human polymorphonuclear leucocytes against yeast cells of *Paracoccidioides brasiliensis*. *Medical Mycology*. 2000;38(2):177-182. doi:10.1080/mmy.38.2.177.182
77. Restrepo A, Benard G, de Castro CC, Agudelo CA, Tobón AM. Pulmonary *Paracoccidioidomycosis*. *Semin Respir Crit Care Med*. 2008;29(02):182-197.
78. Benard G. An overview of the immunopathology of human *paracoccidioidomycosis*. *Mycopathologia*. 2008;165(4-5):209-221. doi:10.1007/s11046-007-9065-0
79. Shikanai-Yasuda MA, Telles Filho F de Q, Mendes RP, Colombo AL, Moretti ML. Consenso em *paracoccidioidomycose*. *Rev Soc Bras Med Trop*. 2006;39(3):297-310. doi:10.1590/S0037-86822006000300017
80. Souza AR, Gesztesí JL, del Negro GM, et al. Anti-idiotypic antibodies in patients with different clinical forms of *paracoccidioidomycosis*. *Clin Diagn Lab Immunol*. 2000;7(2):175-181. doi:10.1128/CDLI.7.2.175-181.2000
81. Kashino SS, Fazioli RA, Cafalli-Favati C, et al. Resistance to *Paracoccidioides brasiliensis* infection is linked to a preferential Th1 immune response, whereas susceptibility is associated with absence of IFN-gamma production. *J Interferon Cytokine Res*. 2000;20(1):89-97. doi:10.1089/107999000312766
82. de Castro LF, Ferreira MC, da Silva RM, Blotta MH de SL, Longhi LNA, Mamoni RL. Characterization of the immune response in human *paracoccidioidomycosis*. *J Infect*. 2013;67(5):470-485. doi:10.1016/j.jinf.2013.07.019

83. Genaro LM. Resposta anti-inflamatória na paracoccidioidomicos : caracterização da citocina IL-27 na modulação da resposta imunológica. *Anti-inflammatory response in paracoccidioidomycosis: characterization of IL-27 cytokine in the immune response modulation*. Published online 2019. Accessed July 15, 2021. <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/351528>
84. Borghi M, Renga G, Puccetti M, et al. Antifungal Th Immunity: Growing up in Family. *Front Immunol*. 2014;5:506-506. doi:10.3389/fimmu.2014.00506
85. Galdino NAL, Loures FV, de Araújo EF, da Costa TA, Preite NW, Calich VLG. Depletion of regulatory T cells in ongoing paracoccidioidomycosis rescues protective Th1/Th17 immunity and prevents fatal disease outcome. *Sci Rep*. 2018;8(1):16544-16544. doi:10.1038/s41598-018-35037-8
86. Cano LE, Singer-Vermes LM, Costa TA, et al. Depletion of CD8(+) T cells in vivo impairs host defense of mice resistant and susceptible to pulmonary paracoccidioidomycosis. *Infect Immun*. 2000;68(1):352-359. doi:10.1128/IAI.68.1.352-359.2000
87. Inglis DO, Voorhies M, Hocking Murray DR, Sil A. Comparative transcriptomics of infectious spores from the fungal pathogen *Histoplasma capsulatum* reveals a core set of transcripts that specify infectious and pathogenic states. *Eukaryot Cell*. 2013;12(6):828-852. doi:10.1128/EC.00069-13
88. Rodrigues-Vendramini FAV, Marschalk C, Toplak M, et al. Promising New Antifungal Treatment Targeting Chorismate Synthase from *Paracoccidioides brasiliensis*. *Antimicrob Agents Chemother*. 2018;63(1):e01097-18. doi:10.1128/AAC.01097-18
89. Amaral AC, Matos LF, Galdino AS, Felipe MSS, Soares CM de A, Pereira M. Therapeutic targets in *Paracoccidioides brasiliensis*: post-transcriptome perspectives. Published online 2005.
90. Andreotti PF, Monteiro da Silva JL, Bailão AM, et al. Isolation and partial characterization of a 30 kDa adhesin from *Paracoccidioides brasiliensis*. *Microbes and Infection*. 2005;7(5):875-881. doi:10.1016/j.micinf.2005.02.005
91. De Oliveira HC, Michaloski JS, Da Silva JF, et al. Peptides derived from a phage display library inhibit adhesion and protect the host against infection by *Paracoccidioides brasiliensis* and *Paracoccidioides lutzii*. *Frontiers in pharmacology*. 2016;7:509.
92. Martinon F, Tschopp J. Inflammatory caspases and inflammasomes: master switches of inflammation. *Cell Death Differ*. 2007;14(1):10-22. doi:10.1038/sj.cdd.4402038
93. Tristão FSM, Rocha FA, Carlos D, et al. Th17-Inducing Cytokines IL-6 and IL-23 Are Crucial for Granuloma Formation during Experimental Paracoccidioidomycosis. *Front Immunol*. 2017;8:949-949. doi:10.3389/fimmu.2017.00949
94. Mendes-Giannini MJS, Taylor ML, Bouchara JB, et al. Pathogenesis II: Fungal responses to host responses: interaction of host cells with fungi. *null*. 2000;38(sup1):113-123. doi:10.1080/mmy.38.s1.113.123
95. Cock AM, Cano LE, Vélez D, Aristizábal BH, Trujillo J, Restrepo A. Fibrotic sequelae in pulmonary paracoccidioidomycosis: histopathological aspects in BALB/c mice infected with viable and non-viable *paracoccidioides brasiliensis* propagules. *Rev Inst Med Trop Sao Paulo*. 2000;42(2):59-66. doi:10.1590/s0036-46652000000200001

96. Naranjo TW, Lopera DE, Diaz-Granados LR, Duque JJ, Restrepo AM, Cano LE. Combined itraconazole-pentoxifylline treatment promptly reduces lung fibrosis induced by chronic pulmonary paracoccidioidomycosis in mice. *Pulm Pharmacol Ther.* 2011;24(1):81-91. doi:10.1016/j.pupt.2010.09.005
97. Boyce KJ, Schreider L, Kirszenblat L, Andrianopoulos A. The two-component histidine kinases DrkA and SlnA are required for in vivo growth in the human pathogen *Penicillium marneffei*. *Molecular Microbiology.* 2011;82(5):1164-1184. doi:10.1111/j.1365-2958.2011.07878.x
98. Hanna SA, Monteiro da Silva JL, Giannini MJ. Adherence and intracellular parasitism of *Paracoccidioides brasiliensis* in Vero cells. *Microbes Infect.* 2000;2(8):877-884. doi:10.1016/s1286-4579(00)00390-7
99. de Camargo ZP. Serology of paracoccidioidomycosis. *Mycopathologia.* 2008;165(4):289. doi:10.1007/s11046-007-9060-5
100. Gegembauer G, Araujo LM, Pereira EF, et al. Serology of Paracoccidioidomycosis Due to *Paracoccidioides lutzii*. *PLOS Neglected Tropical Diseases.* 2014;8(7):e2986. doi:10.1371/journal.pntd.0002986
101. Gardizani TP, Della Coletta AM, Romagnoli GG, et al. 43 kDa Glycoprotein (gp43) from *Paracoccidioides brasiliensis* Induced IL-17A and PGE2 Production by Human Polymorphonuclear Neutrophils: Involvement of TLR2 and TLR4. *J Immunol Res.* 2019;2019:1790908. doi:10.1155/2019/1790908

Capítulo 8



10.37423/220305538

REPRESENTAÇÕES DE MEIO AMBIENTE COM ESTUDANTES DA EDUCAÇÃO BÁSICA EM UM FOCO BIORREGIONAL

Edmilson Gomes Corrêa

Universidade do Estado do Pará

Janekeile Macedo Pereira Jomar

Universidade Federal Rural da Amazônia

Jadir Jomar de Souza

Universidade do Estado do Pará

Luciana de Nazaré Farias

Universidade do Estado do Pará

Tania Elizette Barata Pereira

Secretaria de Educação do Estado do Pará

Ana Cláudia da Cunha Miranda

UNIFESSPA

Luiz Wagner Pantoja Araújo de Souza

ESMAC



Resumo: Acreditando que o estudo das representações sociais de meio ambiente determinam as práticas pedagógicas, ele tem sido apontado como uma importante ferramenta para o diagnóstico da percepção ambiental de determinado grupo, servindo como base para o planejamento de programas de Educação Ambiental. Esta pesquisa analisou, por meio de questionários e uma prática pedagógica expositiva, as representações de meio ambiente dos alunos de 8º ano do Ensino Fundamental da Escola Estadual E. F. M. Augusto Montenegro localizada na zona urbana de Belém – PA. O estudo constatou o predomínio de uma visão naturalista (50%) e globalizante (45%) de meio ambiente, também constatou-se uma visão do meio ambiente como sendo Natureza que devemos apreciar e respeitar (41%) quando questionados individualmente sobre o que é meio ambiente?; Recursos que devemos gestionar (44%) quando questionados sobre qual meio ambiente estão inseridos?; E Meio de vida que devemos conhecer e organizar (35%) quando questionados em grupo o que é meio ambiente?. Fazem-se necessários então, novos estudos na área do biorregionalismo, que visem relacionar os estudos e conhecimentos ambientais com a realidade dos indivíduos, atividades que levem os discentes a reconhecerem a complexidade das interações que envolvem o ambiente, que vão além da esfera ecológica, além de perceber-se como parte pertencente e ativa do meio ambiente.

Palavras – chave: Educação Ambiental, Biorregionalismo, Representações Ambientais.

INTRODUÇÃO

Atualmente diversas pesquisas na área educacional apontam para a necessidade de se inserir a discussão de temática ambiental no ensino de Ciências. A devastação de florestas, excesso de gases poluentes expelidos na atmosfera, produtos químicos jogados em abundância em mares e rios, o uso desenfreado de pesticidas, contaminando solos e conseqüentemente lençóis freáticos, entre outros, são temas frequentemente discutidos dentro de algumas salas de aula, porém, muitas vezes são tratados desarticuladamente aos conteúdos de diversas disciplinas. Assim como a lacuna que esse aspecto deixou na formação dos estudantes, essa desarticulação entre os temas e o conteúdo contribuiu para uma intensificação desordenada de agentes poluidores, utilizados pelos mesmos alunos que antes não politizados quanto ao meio em que vivem, execraram a sua consciência e ao ambiente ao seu redor.

Entende-se por Educação Ambiental um processo que consiste na compreensão crítica e global do meio ambiente, de forma a elucidar valores e desenvolver atitudes que permitam adotar uma posição participativa, frente a questões relacionadas com a conservação e adequada utilização dos recursos naturais, para a melhoria da qualidade de vida, sempre permitindo a liberdade para decidir caminhos alternativos de desenvolvimento. Assim, a Educação Ambiental deve seguir como pressupostos teóricos a visão holística e crítica, a interdisciplinaridade, a participação e o caráter permanente e político.

(Medina, 1999)

O presente trabalho consiste em uma pesquisa qualitativa e quantitativa, fundamentada em autores da área de ensino de Ciências e de educação ambiental. Temos como objetivo geral analisar as concepções e representações de meio ambiente dos alunos das turmas de 8º ano do ensino fundamental, da Escola Estadual E. F. M. Augusto Montenegro. Para tanto utilizamos recursos visuais como fotografias e também fizemos uso de questionários.

Reigota (2009) define meio ambiente como sendo:

“Um lugar determinado e/ou percebido onde estão em relação dinâmica e em constante interação os aspectos naturais e sociais”.

Tratar o meio ambiente em primeiro plano pode ser visto como um veículo de conscientização para a sociedade, logo, podemos utilizar a disciplina Ciências como ponte entre os problemas ambientais e suas respectivas soluções.

Para que possamos realizar a educação ambiental, considero que é necessário, antes de mais nada, conhecermos as definições de meio ambiente das pessoas envolvidas na atividade. Será que a definição de meio ambiente das pessoas que participam da mesma atividade são iguais? Quais os pontos comuns e diferentes entre definições encontradas num mesmo grupo de pessoas?

(Reigota, 2009)

Coadunamos com Reigota (2009), quando diz que é necessário “*conhecer as definições de meio ambiente das pessoas envolvidas na atividade*”, com base neste e em outros referenciais teóricos, elaboramos os objetivos desta pesquisa.

DESENVOLVIMENTO

Iniciamos a pesquisa com a seleção de um tema geral que pudesse ser trabalhado em um foco regional de Belém. Por esse motivo escolhemos Educação Ambiental (EA), com o intuito de contribuir para a formação de cidadãos críticos e participativos na sociedade.

A inclusão da temática ambiental no contexto escolar está prevista nas recomendações da Agenda 21, documento assinado por 198 países durante a II Conferência Mundial para o Meio Ambiente e Desenvolvimento (Rio-92), cujo conteúdo consta de um programa de ações recomendadas para se atingir as metas de preservação propostas que devem ser realizadas durante o século XXI. O documento propõe a integração dos temas meio ambiente e desenvolvimento como tema interdisciplinar ao ensino de todos os níveis.

(BRASIL, 2001).

Acreditamos na importância de se desenvolver trabalhos com ênfase nas questões socioambientais. Após definido o tema iniciamos a revisão bibliográfica à procura de produções científicas em que pudéssemos nos embasar.

Desse modo, acreditamos que:

“A principal função do trabalho com meio ambiente é contribuir para a formação de cidadãos conscientes, aptos a decidir e atuar na realidade socioambiental de modo comprometido com a vida, com o bem estar de cada um e da sociedade, local e global. Para isso, é necessário que, mais do que informações e conceito, a escola se proponha trabalhar com atitudes e formação de valores, com o ensino e aprendizagem de habilidades e procedimentos. É esse o grande desafio para a educação. Comportamentos “ambientalmente corretos” são apreendidos na prática do dia-a-dia na escola; gestos de solidariedade, hábitos de higiene pessoal e dos diversos ambientes, participação em pequenas negociações podem ser exemplos disso”.

(BRASIL; MEC/SEF, 1998, p.67- 68)

LOCAL DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA E OS SUJEITOS INVESTIGADOS:

Este trabalho foi realizado na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Augusto Montenegro, fundada em 26 de Junho de 1936 e esta localizada na Rua Magno de Araújo nº 36, bairro do Telégrafo, município de Belém, CEP: 66113050. Código MEC: 15039587. Possui 22 salas de aula, biblioteca, sala de informática, laboratório multidisciplinar, refeitório e quadra de esportes.

Visitamos a escola no dia 06 de Abril de 2012 pela parte da manhã, onde conhecemos e nos apresentamos à professora de biologia Helen Nahum, que naquela ocasião estava no horário do intervalo escolar e iria ministrar aula no 8º ano, turma 702. Conversamos e apresentamos nosso trabalho a ela, em contrapartida a professora nos apresentou a turma 702 e foi-nos permitido realizar o trabalho nesta turma com o consentimento da professora.

A turma 702 tinha uma idade média de 14,91 anos, sendo que a idade média das alunas (10 pessoas) era de 15,30 anos, e dos alunos (12 pessoas) era de 14,58 anos.

De acordo com Mansano (2006), a idade dos sujeitos da pesquisa é um fator importante a ser considerado no estudo da percepção ambiental, já que o estágio de desenvolvimento em que o indivíduo se encontra pode influenciar na forma como ele vê e interage com o mundo.

(Oenning e Carniatto, 2011)

Oenning e Carniatto (2011) afirmam que: Mansano (2006) baseando-se nas fases de desenvolvimento propostas por Piaget e nos estudos de Parra (1983), definem que a maioria dos alunos envolvidos na pesquisa encontra-se na fase das *operações intelectuais formais* (que abrange idades entre 11 e 15 anos, aproximadamente). Nessa faixa etária, o pensamento dos jovens torna-se mais flexível permitindo-lhes fazer relações entre sua vida, o meio que o cerca e os valores sociais e morais, ou seja, a sua percepção torna-se mais aguçada, e sua forma de ver o mundo começa a mudar.

TÉCNICAS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Durante o ano de 2012 fizemos o acompanhamento das aulas durante doze semanas não contínuas, que iniciaram no dia 13 de Abril e foram até o dia 12 de Outubro, nesse período tivemos a oportunidade de interagir e socializar-nos com a turma. Realizamos algumas atividades durante o acompanhamento das aulas, dentre elas destacam-se resoluções de exercícios em sala de aula, prática com o tema transversal sexualidade (dinâmica envolvendo questionário e palestra no auditório da escola) e aulas expositivas. Fundamentando-nos em Reigota (2009) podemos dizer que:

“A educação ambiental conta com vários recursos didáticos a ser empregados. Eles podem ser muito simples ou sofisticados, porém, qualquer que seja a sua característica, a sua boa aplicação depende muito da criatividade e competência do professor ou professora. Características essas que estão relacionadas com a capacidade de o professor ou professora escolher materiais adequados à faixa etária dos alunos e alunas e com conteúdo pertinente, aprofundado e com embasamento científico, privilegiando as diversas opiniões e controvérsias”.

(REIGOTA, 2009; p. 77)

Enquanto realizávamos as atividades de socialização com a turma, procurávamos uma maneira eficaz de atingir os objetivos propostos para esse trabalho, ao vivenciar a realidade da escola, chegou ao nosso conhecimento que tanto a professora Helen Nahum como os alunos da 702 gostavam e já haviam trabalhado com fotos em outras atividades que haviam realizado.

Fundamentamo-nos teoricamente em Sauv e *et al.* (2000) e Sato (2000, 2001) visto que acreditam que   necess rio conhecer as representa es que cada indiv duo ou grupo aceitam como “ambiente” e que essas representa es constru das determinar o as pr ticas pedag gicas e os caminhos da pesquisa.

A fim de analisarmos as concep es e representa es de Meio Ambiente (MA) dos alunos do 8 o ano da EEEFM Augusto Montenegro, elencamos sete representa es de MA. Sendo quatro representa es definidas por Sato (2000) e Sauv e *et al.* (2000) que s o: Natureza que devemos apreciar e respeitar; Recursos que devemos gerenciar; Problemas que devemos solucionar; Meio de vida que devemos conhecer e organizar. As outras tr s por Reigota (1995) que s o: Naturalista; Antropoc ntrica; Globalizante. Durante as an lises dessas concep es, notamos que as elas se correlacionam e completam.

No quadro a seguir est o evidenciadas as representa es definidas por Sauv e *et al.* (2000) de maneira similar ao que est  exposto no trabalho de Sato (2001).

REPRESENTAÇÕES	Palavras chaves	Problema identificado	Objetivos da EA
NATUREZA QUE DEVEMOS APRECIAR E RESPEITAR	Preservação, árvore, animais, natureza.	Ser humano dissociado da natureza (mero observador).	Renovação dos laços com a natureza, tomando-nos parte dela e desenvolvendo a sensibilidade para o pertencimento.
RECURSOS QUE DEVEMOS GESTIONAR	Água, resíduos sólidos, energia, biodiversidade.	Ser humano usando os recursos naturais de uma forma irracional.	Manejo e gestão ambiental para um futuro sustentável.
PROBLEMAS QUE DEVEMOS SOLUCIONAR	Contaminação, queimadas, destruição, danos ambientais.	Ser humano tem efeito negativo no ambiente e vida está ameaçada.	Desenvolver competências e ações para a resolução dos problemas através de comportamento.
MEIO DE VIDA QUE DEVEMOS CONHECER E ORGANIZAR	Tudo que nos rodeia “oikos”, lugar de trabalho e estudos, vida quotidiana.	Seres humanos são habitantes do ambiente sem o sentido de pertencimento.	Redescobrir os propósitos meios de vida despertando o sentido de pertencimento.

Quadro 1: Representações de Meio Ambiente Sauv  et al. (2000).

Sobre as representações de meio ambiente Reigota (1995), na categoria *Naturalista* se encaixam as definições que associam a ideia de meio ambiente à de ecossistema, priorizando seus aspectos naturais como fauna, flora e aspectos físico-químicos. Já a visão *Antropocêntrica* considera a natureza como fonte de recursos a serem utilizados e gerenciados pelo homem, ou seja, o ambiente serve às necessidades humanas. Finalmente, a visão *Globalizante* coloca o homem numa relação com os demais seres da natureza, sem pressupor seu poder dominante sobre a mesma, e engloba os diversos aspectos, entre eles os naturais, políticos, sociais, econômicos, filosóficos e culturais.

Já com as representações bem definidas, o passo seguinte foi escolher a maneira com que iríamos investigar o tema da pesquisa. Para tanto decidimos acompanhar as aulas ministradas pela professora Helen Nahum à turma 702, sendo que eram duas aulas semanais todas as sextas-feiras. Isso fez-se necessário para que pudéssemos nos ambientar a turma e a escola, e conhecer a realidade que os alunos vivenciam dentro, e em alguns casos, até mesmo fora do âmbito escolar.

Realizamos um levantamento de artigos e trabalhos publicados relacionados a fotografia dentro e fora de sala de aula, como na antologia pesquisada, os autores evidenciaram bons resultados obtidos com o uso de imagens, optamos, então, por trabalhar com fotos. Porém fotos deveriam ter relevância tanto com a realidade dos alunos como com as representações anteriormente selecionadas. Para tanto, decidimos que nós mesmos tiraríamos as fotos dos ambientes que selecionássemos, assim só faltava

escolher os ambientes. O trabalho de ambientação que realizamos com a turma 702 nos proporcionou informações que serviram como base para escolha dos locais das fotos, dentre essas informações podemos citar a proximidade da escola, proximidade das casas dos alunos, pontos turísticos, áreas de lazer e frequência com que os alunos visitavam o local.

“As fotos não são meras ilustrações ao texto. As fontes fotográficas são uma possibilidade de investigação e descoberta que promete frutos na medida em que se tenta sistematizar suas informações, estabelecer metodologias adequadas de pesquisa e análise para a decifração de seus conteúdos e, por consequência da realidade que os originou”.

(KOSSOY 1989, p. 20)

Os treze locais escolhidos foram: Bosque Rodrigues Alves, Canal da Tamandaré, Fundação Curro Velho, EEEFM Augusto Montenegro e arredores, Forte do Castelo, Mangal das Garças, Palacete Pinho, Ponte do Galo, Praça Brasil, Praça do Relógio, Parque Nacional do Utinga, Ver-o-peso e Ver-o-rio.

Iniciaram-se então no dia 30 de Maio de 2012 as visitas aos locais para a captação de fotos. Ao final desta fase da pesquisa, que deu-se no dia 30 de Agosto de 2012, havíamos produzido 1048 fotos distintas, que iriam passar por um processo de triagem com o intuito de escolhermos as 20 fotos mais representativas em relação as representações descritas pelos autores com quem estávamos nos embasando e ao universo que rodeia os alunos e alunas. Uma vez que as quatro representações definidas por Sato e Sauvê englobam as representações descritas por Reigota, focamos a seleção em 5 fotos para cada uma delas totalizando assim as 20 fotos que queríamos, enumeramos as mesmas de 01 a 20.

Marcamos a realização da parte prática da metodologia em sala de aula com os alunos para o dia 09 de outubro de 2012. Para tanto, dividimo-la em duas partes: um questionário e uma prática pedagógica que seria realizada pelos alunos, objetivando: sensibilizar os alunos sobre temas ambientais e a inter-relação homem/meio ambiente; formar multiplicadores de consciência ambiental, dentro do ambiente escolar; conscientizar os alunos dos aspectos biorregionais da cidade de Belém.

Para fins de não comprometer os dados a serem obtidos tanto com o questionário quanto com a prática expositiva, optamos por não explicar ou comentar nada sobre o assunto que abordaríamos antes da realização da prática aos alunos. Com 22 alunos em sala de aula formamos 4 grupos: Grupo 01 com 5 alunos; Grupo 02 com 6 alunos; Grupo 03 com 5 alunos; Grupo 04 com 6 alunos. Ressaltamos que o critério de escolha dos membros dos grupos teve como base na afinidade entre os alunos e alunas.

Cada aluno recebeu um exemplar do questionário que foi utilizado no primeiro momento da prática, explicamos a eles como deveriam proceder: na primeira questão (Pra você o que é meio ambiente?), de caráter subjetivo, deveriam discorrer brevemente a opinião deles sobre o que acreditavam ser MA; na segunda questão (O que é meio ambiente), de caráter objetivo, os alunos dispunham de imagens impressas as quais deveriam marcar somente as que para eles representava o MA; nas terceira questão (Qual(is) imagem(s) representa(m) o seu meio ambiente?), de caráter objetivo, os alunos dispunham de imagens impressas as quais deveriam marcar somente as que para eles representava o MA em que eles estavam inseridos, ou seja, o MA em que vivem e que faça uma representação da sua realidade atual.

Aconselhamos a todos os alunos a não se preocuparem com errar ou acertar as respostas, afinal, estávamos querendo a opinião deles, logo, não existem respostas certas ou erradas, apenas opiniões.

Após o término deste primeiro momento os relatórios foram recolhidos e os grupos foram encaminhados e arrumados ao redor das fotos que já se encontravam dispostas no chão em quatro cantos diferentes da sala. Cada um dos quatro grupos dispunha do mesmo material para a execução da segunda parte da prática: um exemplar de cada uma das vinte fotos que havíamos pré-selecionado e um envelope.

Demos início a segunda parte da atividade, a prática realizada pelos alunos. Os grupos foram orientados a escolher dez, das vinte fotos de que dispunham, que melhor representassem a concepção de meio ambiente do grupo, e colocassem essas mesmas dez fotos dentro do envelope. Com a efetivação desta parte por todos os grupos, cada grupo foi convidado a escolher ao menos um representante do grupo a expor para a turma toda as dez fotos que haviam selecionado no envelope e defender os motivos que levou o grupo a escolher tais fotos em específico.

Após a exposição das fotos agradecemos a participação de todos em sala aula, juntamente com isso, aproveitamos a oportunidade para realizar alguns esclarecimentos de dúvidas que surgiram sobre o assunto EA por parte dos alunos e alunas durante a realização da prática. Destacamos que tal atividade tinha como principal objetivo a aquisição de conhecimentos, como coloca Sabino, nos seguintes termos:

Ora, se a educação ambiental surge para favorecer a aquisição de conhecimentos, valores e comportamentos; propiciar uma percepção de Meio Ambiente como interação de vários aspectos; contribuir para formação de uma consciência sobre a preservação da qualidade do Ambiente, entre outros aspectos, tudo isso significa uma realidade a ser construída por um indivíduo ou grupo. A Fotografia entra não somente como um meio de informações e

documentações visuais - como ocorre geralmente com o uso desta linguagem - mas também oportuniza a aplicação dessas imagens como forma de mudança de comportamentos e atitudes em relação aos problemas ambientais e ecológicos. A educação ambiental, por meio da percepção ambiental, promove uma sensibilização e tomada de consciência do ser humano para as questões socioambientais.

(SABINO, 2009)

O passo seguinte do trabalho foi analisar os dados que coletamos e escrever o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) para disponibilizar os resultados ao meio acadêmico e a quem interessar-se pelo assunto. De acordo com Saheb & Asinelli-Luz (2006), o trabalho com Educação Ambiental nas escolas, quando bem realizado, pode contribuir para a construção de representações de meio ambiente, já que possibilita o acesso a informações que mais tarde podem auxiliar no desenvolvimento de uma consciência global das questões ambientais, resultando em uma posição mais preocupada e engajada com a sua proteção e melhoria.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para analisar os dados, utilizamos dois métodos: o quantitativo e o qualitativo. O quantitativo consistiu na análise das frequências das respostas, procurando-se compreender o significado que expressam as diferenças quantitativas entre as respostas. Já o método qualitativo serviu para acessar as representações de meio ambiente dos alunos através das escolhas de imagens e expressões que eles escreveram, segundo Chizzotti (2010, p.28) “procurando tanto encontrar o sentido desse fenômeno quanto interpretar os significados que as pessoas dão a ele”, tendo como base a análise de conteúdo, conforme tanto Sauv e *et al.* (2000) e Sato (2000) como Reigota (1995).

RESULTADO 01: PRIMEIRA QUESTÃO DO QUESTIONÁRIO “ PARA VOCÊ O QUE É MEIO AMBIENTE?”, SEGUNDO AS REPRESENTAÇÕES DE MEIO AMBIENTE DE REIGOTA (1995).

O Resultado 01 analisa a turma 702 como um todo, observamos que a categoria *Naturalista* caracterizada com a ideia de meio ambiente, priorizando seus aspectos naturais como fauna e flora teve uma representatividade de 50%, seguida da categoria *Globalizante*, com uma representatividade de 45%, que se distingue por coloca o homem numa relação com os demais seres da natureza, sem pressupor seu poder dominante sobre a mesma, e englobando aspectos naturais, políticos, sociais, econômicos, filosóficos e culturais, e com menor representatividade (5%) encontra-se a categoria *Antropocêntrica*, caracterizada por considerar a natureza como fonte de recursos a serem utilizados e gerenciados pelo homem.

Mesmo tendo sido a categoria com maior representatividade (50%), a visão *Naturalista* foi comumente encontrada nas respostas sendo confundidas com conceitos e definições de ecossistemas e paisagens nas repostas da primeira questão.

(Aluno 02, Grupo 02): Bom para min o meio ambiente são as arvores as flores os rios e também os animais que fazem parte do meio ambiente (sic).(questionário, 2012)

(Aluno 03, Grupo 02): O meio ambiente e natureza as arvores as plantas a Limpesa meio ambiente eo ar que nos Respiramos e Locau que nos ficamos (sic).(questionário, 2012)

Fonte: Dados da pesquisa

Observou-se com isso, uma dificuldades por partes dos alunos em relação a definição de MA.

A confusão com esses termos é comum, já que a visão naturalista é observada em vários discursos, inclusive nas imagens e expressões veiculadas pela mídia que geralmente associam a ideia de meio ambiente à de natureza pura, de forma que, quando se fala nesse termo, a maioria das informações transmitidas a respeito nos remetem a pensar naquilo que é natural, que não foi feito pelo homem, na natureza intocada.

(Oenning e Carniatto, 2011)

Um dos principais fatores que favoreceram que a visão globalizante tenha sido a categoria com a segunda maior representatividade (45%), foi o de que os alunos residem em zona urbana, logo, a paisagem globalizante já faz parte da realidade em que estão inseridos.

(Aluno 01, Grupo 04): Pra mim é, não jogar lixo na bera do canal, ao menos no canal pra evitar enchente (sic). (questionário, 2012)

(Aluno 02, Grupo 04): O meio ambiente e alimpesa de todos os lugares, cidades e países (sic). (questionário, 2012)

Fonte: Dados da pesquisa

Tal dado pode ser comprovado não só pelas respostas, mas também pela ocorrência de reconhecimento, por parte dos alunos, dos lugares onde foram tiradas as fotos durante todo o decorrer da prática em sala de aula.

A visão antropocêntrica com menor representatividade (5%) mostra-nos que mesmo com a evolução do conhecimento acerca de EA, ainda restam resquícios de pontos de vistas que colocam a sociedade humana afastada ou acima do meio natural, tal visão pode acarretar desvantagens tais como: justificativas para a exploração dos recursos naturais de maneira irracional e a própria degradação ambiental inconsequente, o que traz prejuízo ao modo de vida humano, podendo até comprometê-lo terminantemente.

(Aluno 06, Grupo 02): [...] uma área tratada e cultivada. (questionário, 2012)

Fonte: Dados da pesquisa

RESULTADO 02: SEGUNDA QUESTÃO DO QUESTIONÁRIO “O QUE É MEIO AMBIENTE?”, SEGUNDO AS REPRESENTAÇÕES DE MEIO AMBIENTE DE SAUVÉ (OP. CIT.) MICHÈLE SATO (2000).

Analisando-se o Resultado 02, observar-se que a representação de Meio Ambiente mais indicada pelos alunos e alunas foi *Natureza que devemos apreciar e respeitar* com 41%, em seguida com 27% foi a representação *Meio de vida que devemos conhecer e organizar*, com menores índices as representações *Recursos que devemos gestionar* e *Problemas que devemos solucionar*, obtiveram 16% e 16% respectivamente.

Fazendo correlação ao Resultado 01, correspondente as categorias de Reigota (1995), aos resultados expostos no Resultado 02 mostra-nos que a visão de MA como meio natural e intocado ainda é muito forte na mente dos alunos, como mostra o fato da maior representatividade (41%) ter sido *Natureza que devemos apreciar e respeitar*, que faz alusão a visão *Naturalista*, enfatizando por parte dos alunos a visão errônea de que o homem esta dissociado da natureza.

Em contrapartida, utilizando-nos novamente da correlação anteriormente feita, notamos que 27 % das indicações dos alunos e alunas foram referentes a visão de MA inserida na representação *Meio de vida que devemos conhecer e organizar*, que faz alusão a visão *Globalizante*, logo, isso confirma-nos o crescimento do sentimento da sociedade fazendo parte e não sendo dona ou mera observadora do MA. Como citado anteriormente tal fato deve-se ao local onde os alunos e alunas residem, onde podem encontrar tanto paisagens naturais intocadas, como ambientes totalmente transformadas pelo homem.

Ainda utilizando-nos a correlação anteriormente realizada, notamos que tanto a visão de MA como *Recursos que devemos gestionar* e *Problemas que devemos solucionar*, obtiveram 16% das indicações dos alunos e alunas, sendo que ambas fazem alusão a visão *Antropocêntrica*. Esse dado nos mostra que os discentes reconhecem o MA mesmo em realidades que mostra o ser humano usando os recursos naturais de uma forma irracional e/ou tendo efeito negativo sobre a natureza.

RESULTADO 03: TERCEIRA QUESTÃO DO QUESTIONÁRIO “QUAL(IS) IMAGEM(S) REPRESENTA(M) O SEU MEIO AMBIENTE?”, SEGUNDO AS REPRESENTAÇÕES DE MEIO AMBIENTE DE SAUVÉ (OP. CIT.) MICHÈLE SATO (2000).

Analisando-se o Resultado 03, observa-se que a representação de MA de maior predomínio foi *Recursos que devemos gestionar*, com 44% das escolhas dos discentes, em seguida com 39% foi a representação *Meio de vida que devemos conhecer e organizar*, seguida das representações *Natureza que devemos apreciar e respeitar* e *Problemas que devemos solucionar*, com 10% e 7%, respectivamente.

A proporção de 44% direcionada a representação *Recursos que devemos gestionar*, evidenciada nas escolhas dos alunos e alunas, corrobora em reconhecer em suas escolhas um meio onde seus recursos naturais estão sendo usados de forma não sustentável. Todavia, a proporção de 39% direcionada a representação *Meio de vida que devemos conhecer e organizar*, infere uma realidade onde os seres humanos são habitantes do ambiente, além disso são partes ativas deste meio e possuem a capacidade de muda-lo sem destruí-lo.

Nas representações *Natureza que devemos apreciar e respeitar* e *Problemas que devemos solucionar* foram evidenciados nas proporções 10% e 7%, respectivamente, corroboram, apesar da pouca expressividade, na afirmação de que ambientes naturais e intocados, tal como ambientes em que o ser humano é enfatizado como agentes agressores da natureza, também fazem parte da realidade dos alunos e alunas. Apesar de parecerem antagônicas, essas representações não estão dissociadas ao cotidiano dos discentes, o que mostra a diversidade de ambientes por quais os alunos transitam diariamente.

PRÁTICA EXPOSITIVA REALIZA PELOS ALUNOS

No resultado a seguir será exposto o obtido durante a prática realizada pelos alunos, na qual os grupos expuseram e defenderam os motivos pelos quais escolheram as fotos que colocaram dentro do envelope. No Resultado 04 está exposto o resultado geral, com a somatória de todos os grupos.

RESULTADO 04: TODOS OS QUATRO GRUPOS, SEGUNDO AS REPRESENTAÇÕES DE MEIO AMBIENTE DE SAUVÉ (OP. CIT.) MICHÈLE SATO (2000).

Analisando-se o Resultado 04, observamos que a representação *Meio de vida que devemos conhecer e organizar*, com 35% tem maior significado para os alunos e alunas da turma, em seguida as

representações *Natureza que devemos apreciar e respeitar* e *Problemas que devemos solucionar* obtiveram 25% e 25% respectivamente. A representação com menor índice foi *Recursos que devemos gestionar*, com 15%.

Na análise dos quatro grupos que participaram da prática pedagógica fica evidenciada nas escolhas dos alunos e alunas a representação *Meio de vida que devemos conhecer e organizar*, com a ocorrência de 35%, predominando uma percepção de existência mútua e consciente entre o homem e o “oikos” seu lugar, e particularizada por uma visão de não pertencimento do mesmo. Mesmo sendo uma atividade em grupo (sujeita a ponderações pessoais dos sujeitos que a compõe), as representações mostraram-se bastantes homogêneas em alguns casos, dentre elas, a mesma ocorrência foi dada as representações *Natureza que devemos apreciar e respeitar* e *Problemas que devemos solucionar*, que obtiveram 25% e 25% respectivamente. Justificando uma visão pautada tanto na idealização de natureza caracterizada pela dissociação do homem neste meio como também pelas problemáticas originadas na exploração de recursos com suas formas de impactos que degradam o meio ambiente. De maneira menos expressiva (15%), os grupos evidenciaram em suas concepções de MA, as preocupações com o uso dos *Recursos que devemos gestionar*, refletindo um pensamento preocupado com o modo de gerenciamento dos recursos de seu habitat.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Analisando os Resultados 01, 02, 03 e 04, que trabalham com dados gerais referentes as concepções e representação de MA da turma 702 como um todo, notamos que os dados diferem entre si.

Os Resultados 01 e 02 que trabalharam a concepção de MA dos discentes individualmente, ou seja, o que cada aluno entende por MA. Os dados mostram um ideal voltado a natureza e suas paisagens naturais, muitas vezes intocada pela sociedade humana, e uma tendência de inserir-se como parte desta realidade.

O Resultado 03 que trabalhou a representação de MA dos discentes individualmente, ou seja, em que MA cada aluno encontra-se inserido. Os dados mostram uma realidade completamente diferente ao que foi expresso nos Resultados 01 e 02, neste caso os alunos identificaram-se dentro de um MA com recursos naturais sendo desperdiçados, com a natureza sendo agredida, com lixo sendo jogado em ruas e em encostas, falta de saneamento, porém notou-se novamente a tendência de inserir-se em uma realidade diferente, uma realidade categorizada por Reigota (1995) como *Globalizante*.

No Resultado 04 que, tão qual o Resultado 02, trabalhou a concepção de MA dos discentes em grupos, ou seja, o que aquele grupo de alunos, que juntaram-se por afinidade, entende por MA. Os dados diferiram entre os Resultados acima citados, enquanto o Resultado 02 mostrou uma representatividade maior (41%) na categoria *Natureza que devemos apreciar e respeitar*, ao passo que o Resultado 04 teve sua maior representatividade (35%) na categoria *Meio de vida que devemos conhecer e organizar*. A única diferença significativa entre a metodologia usada durante a coleta dos dados para elaboração desses dois resultados foi que, no Resultado 02 os indivíduos escolheram as fotos individualmente, já no Resultado 04 essa escolha foi feita em grupo. Esses dados nos mostram que ao formarem grupos sociais os indivíduos acabam sofrendo influencia dos demais, mudando por vezes sua concepção sobre determinado assunto.

O que podemos aferir com este trabalho é que as concepções de MA dos indivíduos diferem das suas representações de MA, ou seja, seus conhecimentos a cerca deste assunto não condizem com a realidade em que eles vivenciam, e que em sociedade o ser humano acaba modificando ou tendo suas concepções modificadas por outrem.

Fazem-se necessários então, novos estudos na área do biorregionalismo, que visem relacionar os estudos e conhecimentos ambientais com a realidade dos indivíduos, atividades que levem os discentes a reconhecerem a complexidade das interações que envolvem o ambiente, que vão além da esfera ecológica, além de perceber-se como parte pertencente e ativa do meio ambiente, cujas ações podem interferir positiva ou negativamente na qualidade desse meio. Tais medidas devem começar nas escolas, pois lá se encontram os futuros cidadãos e cidadãs do nosso país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria da Educação Fundamental; Parâmetros Curriculares Nacionais: Terceiro e Quarto Ciclos apresentação dos temas transversais; Brasília, Ministério da Educação /SEF; 1998.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: Meio Ambiente: saúde. 3. ed. Brasília: MEC, 2001.

KOSSOY, B. Fotografia e história. São Paulo: Ática, 1989.

MEDINA, Nana Minini; SANTOS, Elizabeth da Conceição. Educação ambiental: uma metodologia de formação. 2.ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2001.

MEDINA, Nana Minini. Formação de multiplicadores para educação ambiental. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental. v. 01, jul-ago, 1999. Disponível em: <<http://www.fisica.frg.br/mea/remea/formulea.html>> Acesso em: 14 ago. 2012.

OENNING, Vanessa; CARNIATTO, Irene. Implicações das representações sociais de meio ambiente na relação homem-natureza para a educação ambiental: Um estudo a partir das definições de alunos moradores da zona rural do Paraná. Revista Eletrônica Educação Ambiental No. 38 - 14/12/2011. Disponível em <<http://www.revistaea.org>>. Acesso em: 10 ago. 2012.

PONTES, Altem Nascimento; Pontes, Aldo (org.). Educação & Saberes – Saberes Interdisciplinares: Meio Ambiente e formação de professores. Belém: UDUEPA, 2011. 89 p.

REIGOTA, M. Meio ambiente e representação social. São Paulo: Cortez, 1995.

REIGOTA, M. O que é educação ambiental. 2 ed. revisada e ampliada – São Paulo: Brasiliense, 2009. Coleção Primeiros Passos n. 292.

SABINO, J. Técnica e ética da fotografia do comportamento animal: dos pioneiros à era digital. Oecologia Brasiliensis, v. 13, n. 1, p. 209-221, 2009.

SATO, Michèle. Apaixonadamente pesquisadora em educação ambiental. In: Educação Teoria e Prática, Rio Claro, v. 9, n. 16/17, p. 24-35, 2001.

SATO, Michèle. Educação ambiental a distância – o projeto EDAMAZ. In PRETI, O. (Org.) Educação a distância – construindo significados. Cuiabá: NEAD/UFMT & Brasília: Plano, 2000, p. 227-268.

SAHEB, D.; ASINELLI-LUZ, A. As representações de meio ambiente de professores e alunos e a Pedagogia de projetos: um estudo de caso em classes de alfabetização. Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental. v. 16, jan-jun, 2006, pp. 163-178. Disponível em: <<http://www.remea.furg.br/edicoes/vol16/art12v16.PDF>>. Acesso em 11 out. 2012.

SAUVÉ, Lucie et al. La educación ambiental – una relación constructivista entre la escuela y la comunidad. Montreal: EDMAZ/UQÀM, 2000, 167 p.

Capítulo 9



10.37423/220305578

COLÉTERES EM MYRTACEAE: ASPECTOS MORFOANATÔMICOS E IMPLICAÇÕES TAXONÔMICAS

João Paulo Oliveira Ribeiro

*Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Agronomia*

Cleber José da Silva

*Universidade Federal de São João Del-Rei,
DECEB, Campus de Sete Lagoas-MG*



Coléteres são estruturas secretoras multicelulares, presente em mais de 60 famílias de angiospermas (THOMAS, 1991). São encontrados em diferentes partes do corpo da planta, estando associadas principalmente às gemas e primórdios foliares, com funções de auxiliar na lubrificação, proteção e maturação da gema (PINHEIRO et al., 2015). Ocorrem também na face adaxial de estípulas, pecíolos e lâminas foliares, brácteas, bractéolas, cálice e corola (Thomas, 1991).

A palavra “coléter” vem da palavra grega “*kolla*”, em alusão às substâncias pegajosas secretadas pelos coléteres (THOMAS, 1991). Tais substâncias são de natureza complexa, sendo uma mistura de mucilagem e substâncias pécticas, que lubrificam e protegem os meristemas reprodutivos, vegetativos contra a dessecação (MAYER; CARMELLO-GUERREIRO; MAZZAFERA, 2013; THOMAS, 1991). A proteção contra patógenos e a influência sobre o crescimento bacteriano também são funções atribuídas aos coléteres (MIGUEL et al., 2006).

Os conhecimentos morfoanatômicos e da natureza química dos compostos secretados pelos coléteres são os principais parâmetros utilizados para a distinção e correta classificação (FAHN, 1979). Tradicionalmente, a ocorrência de coléteres tem sido comprovada através de estudos anatômicos para diversas famílias botânicas tais como tais como Caryocaraceae (PAIVA; MACHADO, 2006), Rubiaceae (MIGUEL et al., 2006), Anacardiaceae (LACCHIA et al., 2016), Orchidaceae (LEITÃO; CORTELAZZO, 2008; MAYER; CARDOSO-GUSTAVSON; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2011), Malvaceae (ROCHA; PIMENTEL; MACHADO, 2011), Myrtaceae (SILVA et al., 2012) e Fabaceae (PAIVA, 2009), dentre outras.

Estas informações reforçam a importância dos coléteres como caracteres morfológicos a serem usados como uma ferramenta adicional à taxonomia (COSTA et al., 2020; SILVA et al., 2012; SILVA; RIBEIRO; MEIRA, 2019; WILSON; HESLEWOOD, 2014).

Além das análises morfoanatômicas feitas nas estruturas, são necessárias a realização de testes histoquímicos para a identificação da natureza das substâncias exsudadas pelos coléteres, sendo estes testes, aplicados em material fresco e em material incluído em metacrilato. Os principais testes aplicados neste tipo de estudo são descritos em Tabela 1.

Tabela 1. Testes histoquímicos realizados na identificação de metabólitos secundários.

Metabólito	Testes aplicados
Compostos lipofílicos	Sudan IV (PEARSE, 1985)
Compostos fenólicos	Cloreto férrico (JOHANSEN, 1940)
Mucilagem	Ácido tânico-cloreto férrico (PIZZOLATO; LILLIE, 1973)
Polissacarídeos Gerais	Periodic-reagent of Schiff - PAS (MCMANUS, 1948)
Mucilagem ácida	Vermelho de Rutênio (GREGORY; BAAS, 1989)
Proteínas	Xilidine Pouceau - XP (O'BRIEN; MCCULLY, 1981)
Alcalóides	Reagente de Wagner (FURR; MAHLBERG, 1981)

Por apresentarem diferentes tipos morfológicos, os coléteres têm sido utilizados como marcadores morfológicos em abordagens sobre relações filogenéticas em diferentes famílias botânicas (RIO; KINOSHITA; CASTRO, 2005; SILVA et al., 2012; SIMÕES; CASTRO; KINOSHITA, 2006; THOMAS, 1991), destacando-se Apocynaceae (SIMÕES; CASTRO; KINOSHITA, 2006), Rubiaceae (THOMAS, 1991) e Turneraceae (GONZÁLES, 1998).

Basicamente os coléteres apresentam dois tipos de tecidos, o tecido parenquimático localizado no centro do coléter e o tecido epidérmico em paliçádica, que é um revestimento secretor que parece estar relacionado com a secreção do conteúdo mucilaginoso sobre os órgãos vegetativos (THOMAS, 1991). A ausência ou não de vascularização deve ser mencionado para fins de classificação (FAHN, 1979), e dessa forma os coléteres são classificados a partir da observação anatômica e morfológica de sua estrutura (PAIVA; MACHADO, 2006).

A grande diversidade estrutural dos coléteres têm sido descrita em Eudicotiledôneas (GONZÁLES, 1998; SIMÕES; CASTRO; KINOSHITA, 2006; THOMAS, 1991) e Monocotiledoneas (MAYER; CARDOSO-GUSTAVSON; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, 2011). Lersten (1974) descreveu os coléteres do “tipo padrão”, “padrão reduzido”, “intermediário”, “dendroide” e “tipo escova” ocorrentes na família Rubiaceae. Outros tipos têm sido descritos tais como “filiforme” (ROBBRECHT, 1983) e “alado” (ROBBRECHT, 1987). O coléter do tipo padrão, apresentado na Figura 1, é mais abundante nas Eudicotiledôneas. Nestes coléteres a vascularização é ausente, sendo este compostos por um eixo de células parenquimáticas, envolto por uma epiderme secretora em paliçada (THOMAS, 1991).

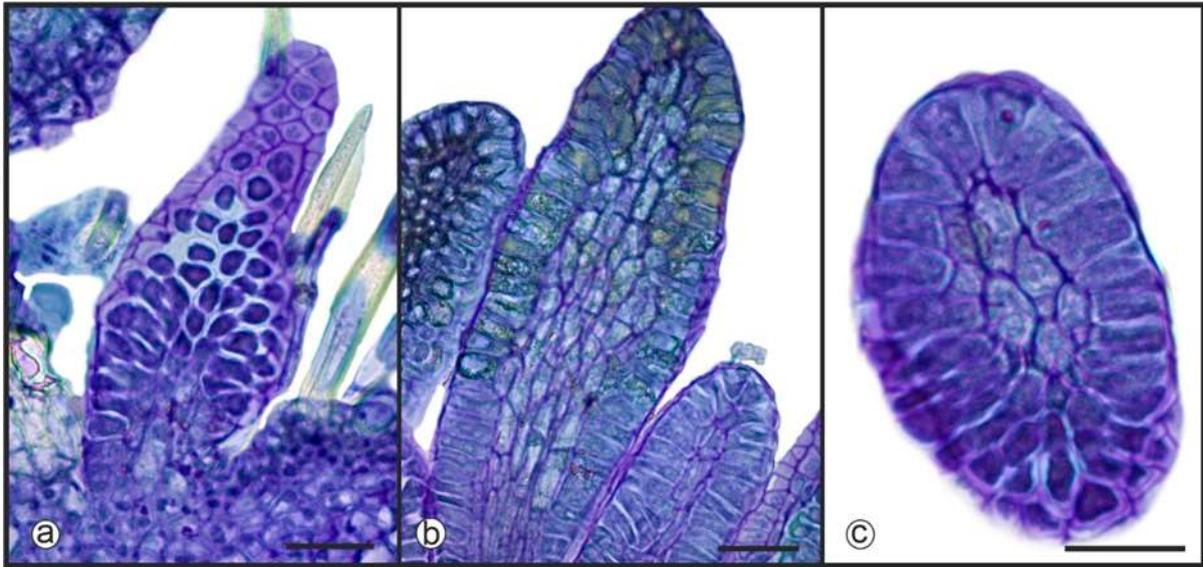


Figura 1: Coléteres tipo padrão em *Casearia sylvestris* Sw. a, c: 30 µm; b: 40 µm; Imagens: Ribeiro, J.P.O.

Thomas (1991) não menciona a ocorrência de coléteres em Myrtaceae em seu extenso trabalho sobre esta estrutura secretora em diversas famílias. Ademais, as descrições e relatos de coléteres na ordem Myrtales, é feita de forma fragmentada e somente do ponto de vista morfológico. São genericamente tratados como grandes glândulas, semelhantes a coléteres associadas às estípulas de Penaeceae e de Vochysiaceae e como estípulas semelhantes a coléteres em Myrtaceae (GRAHAM; CAVALCANTI, 2010).

Myrtaceae é uma das maiores famílias da ordem Myrtales, com mais de 9.000 espécies (CONTI et al., 1997). É constituída por árvores ou arbustos e está presente em regiões tropicais e subtropicais. Apesar dos diversos estudos indicarem se tratar de uma família monofilética, não existe consenso quanto às relações entre os gêneros e espécies (JUDD et al., 2015; WILSON et al., 2005, 2001).

Dois subfamílias polifiléticas são agrupadas em Myrtaceae: a subfamília Myrtoideae, com gêneros americanos agrupando espécies com frutos tipo bagas e folhas opostas; e a subfamília Leptospermoideae, de posição basal, que agrupa os gêneros australianos *Eucalyptus*, *Leptospermum*, *Metrosideros*, *Callistemon* e *Melaleuca*, espécies com frutos tipo cápsula ou noz e folhas alternas ou opostas.

Em Myrtaceae, a ocorrência de coléteres foi documentada pela primeira em nossos estudos (SILVA et al. 2012), sendo analisadas 52 espécies pertencentes a 17 gêneros botânicos. Foram descritos três novos tipos de coléteres com base em suas características morfoanatômicas, sendo estes:

Petalóides - são achatados dorsiventralmente quando observados em secção transversal. Apresentam largura maior que espessura, sendo curtos e geralmente ocorrendo associados aos catáfios que envolvem as gemas apicais dos ramos vegetativos no período da seca (Figura 2a). No início da primavera, quando as regiões meristemáticas se tornam ativas, adicionando novas células ao eixo caulinar, que se desenvolve originando um ramo jovem, os coléteres petalóides acompanham o desenvolvimento inicial do caule e permanecem associados às novas porções meristemáticas que formam as gemas laterais dos caules. Com o completo desenvolvimento do ramo, os coléteres entram em senescência e caem.

Cônicos - apresentam forma circular ou elipsoide quando observados em secção transversal. Apresentam estrutura cônica, com progressiva diminuição do diâmetro em direção ao ápice. Podem ser sésseis ou possuir pedúnculo curto (Figura 2b);

Euriformes (euri=largo) - assim como os coléteres petalóides, apresentam-se achatados dorsiventralmente em secção transversal, porém, são mais longos que largos (Figura 2c).

A distribuição destes coléteres nas subfamílias Myrtoideae e Leptospermoideae são apresentadas na Tabela 2.

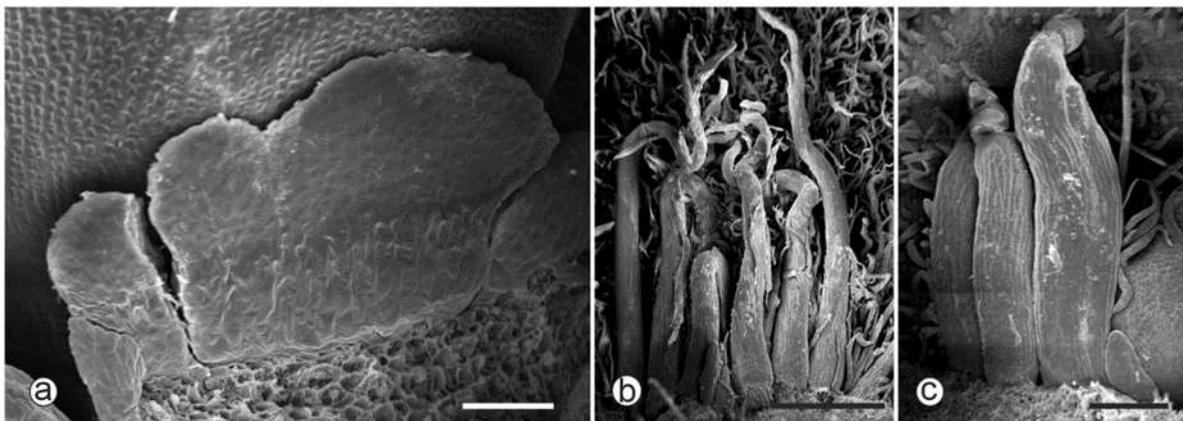


Figura 2: Coléteres petalóides (a), cônicos (b) e euriformes (c). Escalas: a: 40 μm ; b: 400 μm ; c: 100 μm . Legenda: a: *Melaleuca leucadendra*; b: *Psidium grandifolium*; c: *Eugenia dysenterica*. Imagens: Silva, C.J. e Ribeiro, J.P.O.

Novos estudos descrevem a ocorrência de coléteres em outras espécies de Myrtaceae (COSTA et al., 2020; PIMENTEL et al., 2014; RIBEIRO; OLIVEIRA JÚNIOR; SILVA, 2018; SILVA; RIBEIRO; MEIRA, 2019; SILVA et al., 2020; WILSON; HESLEWOOD, 2014). Contudo, nenhum novo tipo de coléter, além dos descritos por Silva et al. (2012), foi descoberto por estes autores. Além disso, no estudo de Pimentel et al. (2014) não houve classificação dos coléteres observados nas 18 espécies estudadas.

Analisando os estudos de Silva et al. (2019) e Silva et al. (2020) (Tabela 1), nota-se uma divergência quanto ao tipo de coléter para *Eugenia dysenterica* (Mart.) DC., onde para Silva et al. (2019) os coléteres desta espécie são do tipo euriforme, contudo Silva et al. (2020) os classificaram como cônicos.

No total 63 espécies de Myrtaceae foram estudadas e seu tipo de coléter descrito conforme apresentado em Tabela 2. O gênero *Eugenia* apresenta 10 espécies estudadas, sendo comum a observação de coléteres cônicos ou euriformes e/ou a ocorrência dos dois tipos em uma mesma espécie. A observação de dois tipos de coléteres em uma mesma espécie, também pode ser observada nos gêneros *Callistemon* e *Sannantha*. Coléteres tipo cônico parecem ser padrão para espécies dos gêneros *Melaleuca* e *Psidium*, visto que, para as sete e oito espécies já estudadas, respectivamente, o tipo cônico foi comum para todas. As espécies analisadas dos gêneros *Corymbia* e *Eucalyptus* não apresentaram coléteres (Tabela 2).

Tabela 2. Espécies de Myrtaceae estudadas e a distribuição dos tipos de coléteres.

Subfamília	Espécies	Cônico	Petalóide	Euriforme	Referência
	<i>Corymbia intermedia</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Corymbia maculata</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Corymbia torelliana</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eucalyptus acmenoides</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eucalyptus cloeziana</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eucalyptus globulosus</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eucalyptus grandis</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eucalyptus gummifera</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eucalyptus pilularis</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eucalyptus ptychocarpa</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eucalyptus resinifera</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
Leptospermoideae	<i>Eucalyptus robusta</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eucalyptus tereticornis</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eucalyptus tindaliae</i>	-	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Leptospermum flavescens</i>	+	-	+	Silva et al. (2012)
	<i>Lophostemon confertus</i>	-	+	-	Silva et al. (2012)
	<i>Callistemon pachyphyllus</i>	-	+	-	Silva et al. (2012)
	<i>Callistemon viminalis</i>	-	+	+	Silva et al. (2012)
	<i>Melaleuca alternifolia</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Melaleuca armillaris</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Melaleuca cajuputi</i> subsp. <i>cajuputi</i>	-	+	-	Silva et al. (2012)
	<i>Melaleuca cajuputi</i> subsp. <i>platyphylla</i>	-	+	-	Silva et al. (2012)

	<i>Melaleuca ericifolia</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Melaleuca leucadendra</i>	-	+	-	Silva et al. (2012)
	<i>Melaleuca quinquenervia</i>	-	+	-	Silva et al. (2012)
	<i>Campomanesia sp.</i>	-	-	+	Ribeiro et al. (2018)
	<i>Campomanesia pubescens</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Campomanesia xanthocarpa</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eugenia sp. 1</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eugenia brasiliensis</i>	-	-	+	Silva et al. (2012)
	<i>Eugenia dysenterica</i>	+ ^b	-	+ ^a	Silva et al. (2019) ^a Silva et al. (2020) ^b
	<i>Eugenia floribunda</i>	-	-	+	Silva et al. (2012)
	<i>Eugenia involucrata</i>	-	-	+	Silva et al. (2012)
	<i>Eugenia sp. 2</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eugenia pyriformis</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Eugenia punicifolia</i>	+	-	-	Silva et al. (2020)
	<i>Eugenia uniflora</i>	+	-	+	Silva et al. (2012)
	<i>Eugenia sp. 3</i>	+	-	+	Silva et al. (2012)
	<i>Myrcia multiflora</i>	+	-	-	Ribeiro et al. (2018)
	<i>Myrcia splendens</i>	+	-	-	Costa et al. (2020)
	<i>Myrcia reticulata</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Myrcia tomentosa</i>	+	-	-	Silva et al. (2019)
	<i>Gomidesia sp.</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
Myrtoideae	<i>Myrciaria cauliflora</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Myrciaria dubia</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Myrciaria glomerata</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Pimenta dioica</i>	-	-	+	Silva et al. (2012)
	<i>Plinia acunae</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Psidium cattleianum</i>	+	-	-	Silva et al. (2019)
	<i>Psidium grandifolium</i>	+	-	-	Silva et al. (2019)
	<i>Psidium guajava</i> var. <i>Paloma</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Psidium guajava</i> var. <i>Pedro Sato</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Psidium guineense</i>	+	-	-	Silva et al. (2019)
	<i>Psidium laruotteanum</i>	+	-	-	Silva et al. (2019)
	<i>Rhodomyrtus sp.</i>	+	-	-	Silva et al. (2012)
	<i>Syncarpia glomulifera</i>	-	-	+	Silva et al. (2012)
	<i>Syzygium australe</i>	-	+	-	Silva et al. (2012)
	<i>Syzygium jambos</i>	-	+	-	Silva et al. (2012)
	<i>Syzygium luehmannii</i>	-	-	+	Silva et al. (2012)
	<i>Syzygium samarangense</i>	-	+	-	Silva et al. (2012)
	<i>Syzygium smithii</i>	-	-	+	Silva et al. (2012)
	<i>Sannantha whitei</i>	-	+	+	Wilson & Heslewood (2014)
	<i>Myrceugenia rufa</i>	-	-	-	(RETAMALES et al., 2015)

ASPECTOS MORFOLÓGICOS DOS COLÉTERES DE MYRTACEAE

Os coléteres de Myrtaceae e são translúcidos durante a fase secretora como se observa na Figura 3a-b, e assumem coloração marrom-acastanhada do ápice para a base, conforme senescem como se observa na Figura 3c (seta). A secreção presente nestas estruturas em fragmentos de material fresco reagiu positivamente ao teste com ácido tânico/Cloreto de Ferro III evidenciando a presença de mucilagem e ao teste com PAS evidenciando a presença de polissacarídeos, sendo este último teste apresentado na Figura 3d-f.

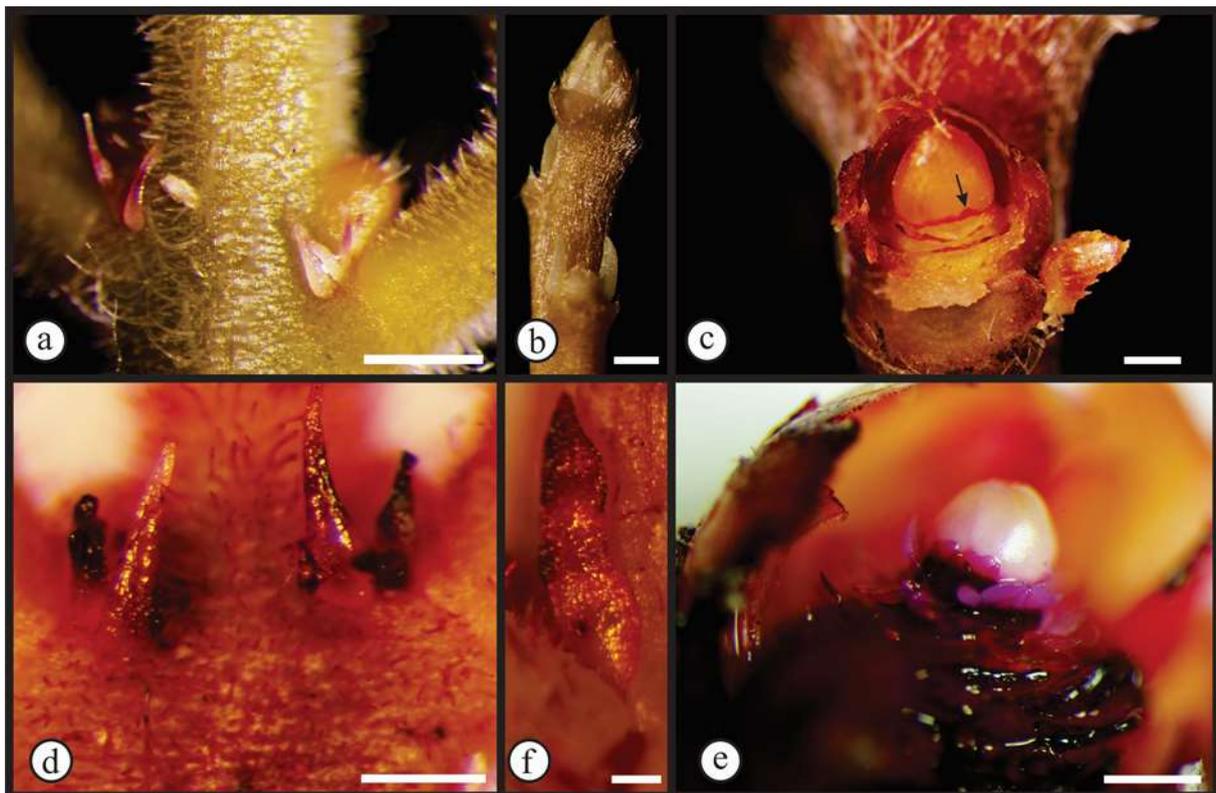


Figura 3. Coléteres nos ápices vegetativos de espécies da família Myrtaceae submetidos ao teste com PAS para detecção de polissacarídeos visualizados sob microscópio estereoscópico. a= *Eugenia uniflora*; b= *Melaleuca leucadendra*; c= *Melaleuca cajuputi*; d= *Eugenia cauliflora*; e= *Melaleuca leucadendra*; f= *Melaleuca cajuputi*. Subfamília Myrtoideae= *E. uniflora* e *E. cauliflora*. Subfamília Leptospermoideae= *M. cajuputi* e *M. leucadendra*. Escalas: a; b; c e f= 2mm; d= 1mm; e= 0,5mm. Coléteres cônicos = a, d; coléteres euriformes= b, f; coléteres petaloides= c,e. Imagens: Silva, C.J.

ASPECTOS ANATÔMICOS DOS COLÉTERES DE MYRTACEAE

Para se evitar erros de interpretações no estudo anatômico destes coléteres, deve-se observar o plano de corte a eles aplicados, como representado na Figura 4.

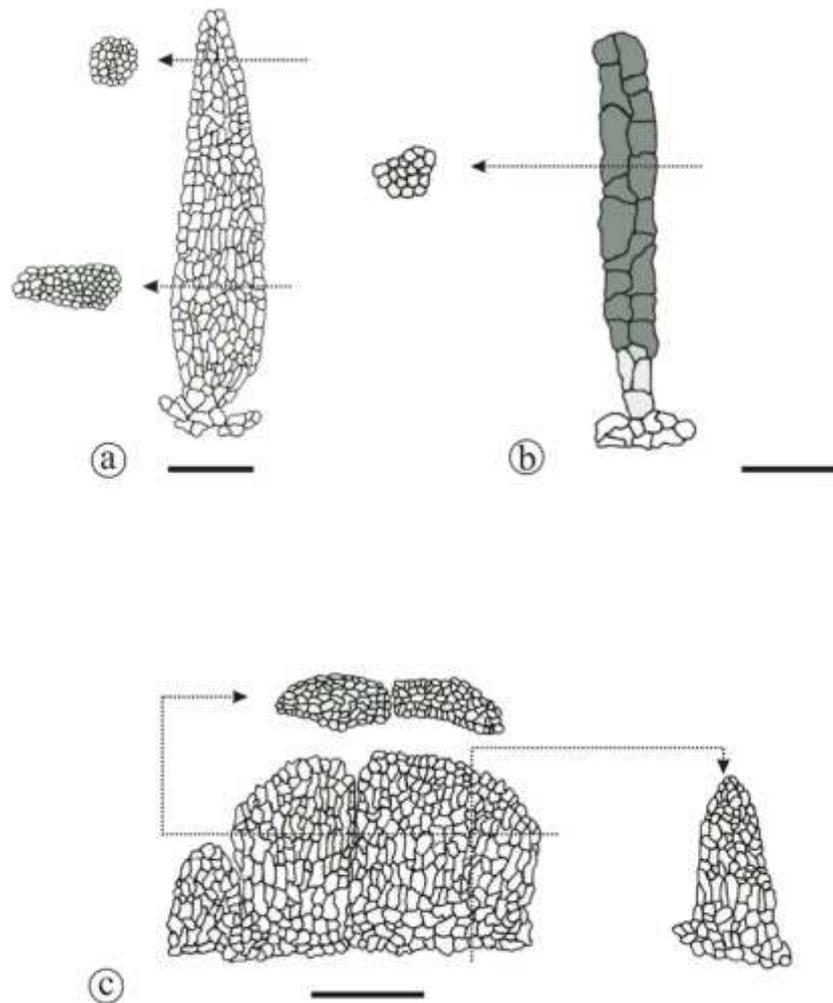


Figura 4. Representação esquemática da tipologia de coléteres em Myrtaceae. a=coléter cônico; b=coléteres petalóide; c=coléter euriforme. Linhas pontilhadas indicam planos de corte. Escalas=100 μ m. Imagens: Silva, C.J.

Os três tipos de coléteres apresentam composição celular simples e homogênea (Figuras 5 e 6). Suas células epidérmicas são compactamente arranjadas. A porção central é constituída por uma coluna de células parenquimáticas alongadas e/ou isodiamétricas, com citoplasma semelhante ao das células epidérmicas (Figura 5d). As células apresentam paredes finas, citoplasma de aspecto denso, com núcleo em posição mediana ou basal e nucléolo evidente. O tamanho das células da porção central varia de acordo com as espécies, as maiores dimensões foram visualizadas em *E. uniflora*, cujas células do pedúnculo apresentam-se hialinas. Nas espécies de *Melaleuca* observou-se que na porção apical do coléter em fase secretora as células da coluna central são frouxamente arranjadas.

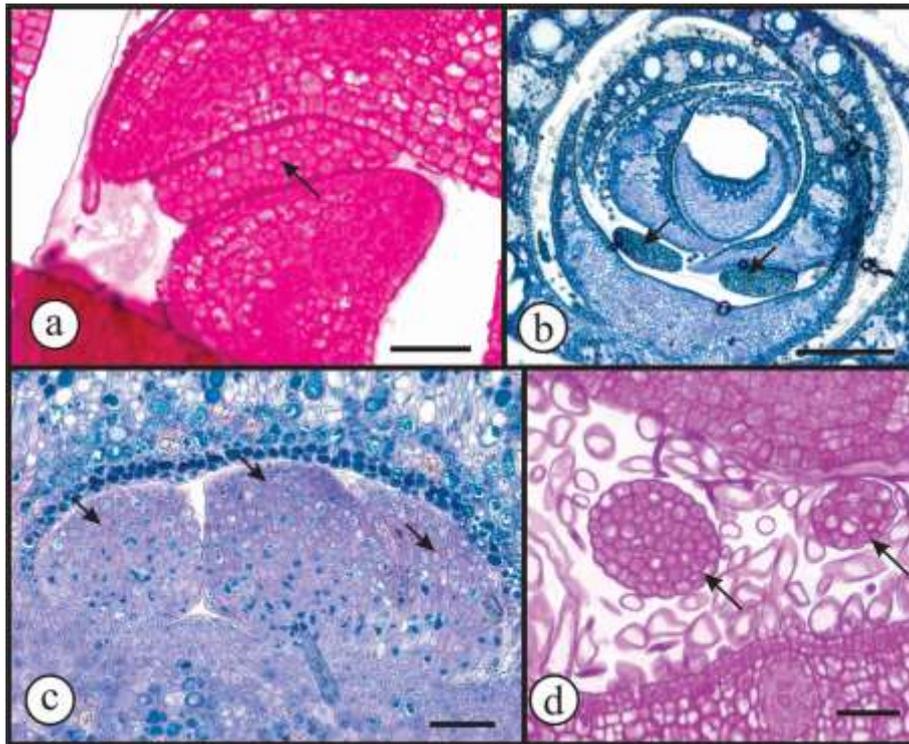


Figura 5. Estrutura anatômica dos coléteres (setas) de espécies de Myrtaceae em seções longitudinais (a-b; d) e transversais (c). Coléteres euriformes em *Eugenia uniflora* (a); euriforme em *Melaleuca platiphylla* (b) e *M. leucadendra* (c); cônicos em *Psidium guajava* (d). Azul de toluidina= a, d; PAS= b,c. Escalas= 50 μ m. Imagens: Silva, C.J.

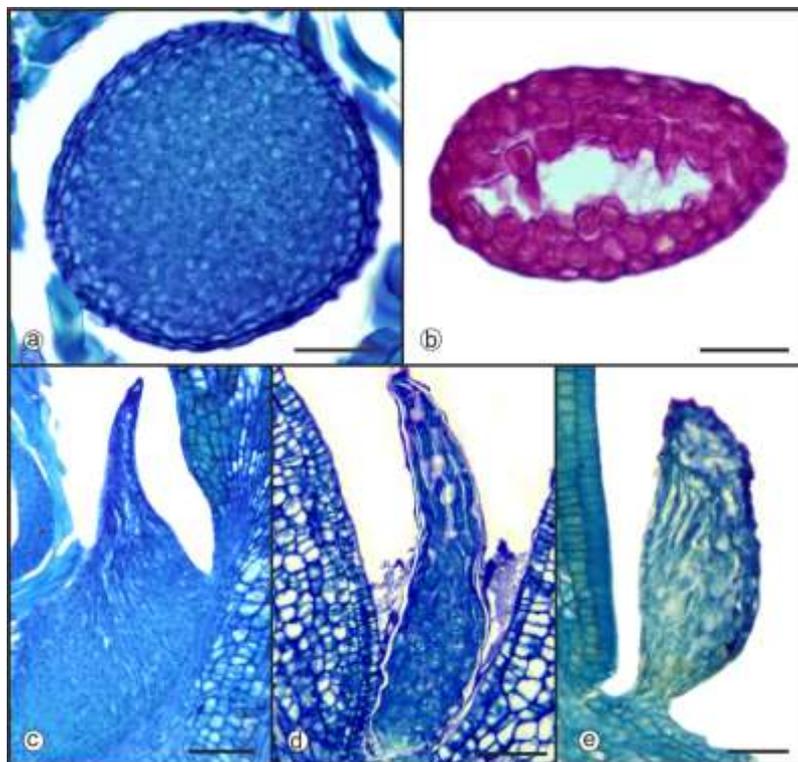


Figura 6. Cortes transversais (a-b) e longitudinais (c-e) de coléteres em espécies de Myrtaceae. a: *Psidium guineense*; b, e: *Eugenia dysenterica*; c: *Psidium grandifolium*; d: *Psidium cattleianum*. Escalas: a: 40 μ m; b: 30 μ m; c: 100 μ m; d: 60 μ m; e: 40 μ m. Imagens: Ribeiro, J.P.O.

CONSIDERAÇÕES E PERSPECTIVAS

Os coléteres parecem ser estruturas comuns em Myrtaceae, pois estão presentes em todas as espécies analisadas, exceto no gênero *Eucalyptus*. A ausência de dados abundantes na literatura pode ser devido à falta de observações mais acuradas, do ponto de vista anatômico, sendo a anatomia uma ferramenta de suma importância na descrição de estruturas secretoras.

A presença de mucilagem nos coléteres de Myrtaceae atestam sua importância na manutenção das gemas sendo um fator adaptativo. A natureza higroscópica da mucilagem mantém estas regiões lubrificadas tanto em climas temperados onde há baixa umidade relativa do ar, como em climas tropicais, onde há alta incidência de radiação solar e altas temperaturas e ventos.

A ausência de vascularização nos coléteres de Myrtaceae pode indicar que o transporte de materiais ocorre via simplasto célula a célula. Estudos detalhados em microscopia eletrônica de transmissão são necessários para se confirmar estas hipóteses nos coléteres de Myrtaceae.

Os coléteres em Myrtaceae merecem maior atenção e estudos, uma vez que exibem uma potencial aplicação podendo contribuir nas abordagens sobre as relações filogenéticas em Myrtaceae.

REFERÊNCIAS

- CONTI, Elena; LITT, Amy; WILSON, Peter G.; GRAHAM, Shirley A.; BRIGGS, Barbara G.; JOHNSON, L. A. S.; SYTSMA, Kenneth J. Interfamilial relationships in Myrtales: Molecular phylogeny and patterns of morphological evolution. *Systematic Botany*, [S. l.], v. 22, n. 4, p. 629–647, 1997. DOI: 10.2307/2419432.
- COSTA, Isabela S. C.; LUCENA, Eliseu M. P.; BONILLA, Oriel H.; GUESDON, Isabel R.; COUTINHO, Ítalo A. C. Seasonal variation in colleter exudates in *Myrcia splendens* (Myrtaceae). *Australian Journal of Botany*, [S. l.], v. 68, n. 6, p. 449–457, 2020. DOI: 10.1071/BT20020.
- FAHN, A. *Secretory tissues in plants*. London UK: Academic Press., 1979.
- FURR, Marion; MAHLBERG, Paul G. Histochemical Analyses of Laticifers and Glandular Trichomes in *Cannabis sativa*. *Journal of Natural Products*, [S. l.], v. 44, n. 2, p. 153–159, 1981. DOI: 10.1021/np50014a002.
- GONZÁLES, Ana Maria. Colleters in *Turnera* and *Piriqueta* (Turneraceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, [S. l.], v. 128, p. 215–228, 1998.
- GRAHAM, S.; CAVALCANTI, TB. Neotropical Lythraceae. 2010. Disponível em: <http://www.kew.org/science/%0Aatropamerica/neotropikey/families/Lythraceae.htm#>.
- GREGORY, Mary; BAAS, Pieter. A SURVEY OF MUCILAGE CELLS IN VEGETATIVE ORGANS OF THE DICOTYLEDONS. *Israel Journal of Botany*, [S. l.], v. 38, n. 2–3, p. 125–174, 1989. DOI: 10.1080/0021213X.1989.10677119.
- JUDD, Walter S.; CAMPBELL, Christopher S.; KELLOGG, Elizabeth A.; STEVENS, Peter F.; DONOGHUE, Michael J. *Plant Systematics: A Phylogenetic Approach*. [s.l.: s.n.].
- LACCHIA, Ana Paula Stechhahn; TÖLKE, Elisabeth E. A. Dantas; CARMELLO-GUERREIRO, Sandra M.; ASCENSÃO, Lia; DEMARCO, Diego. Foliar colleters in Anacardiaceae: first report for the family. *Botany*, [S. l.], v. 94, n. 5, p. 337–346, 2016. DOI: 10.1139/cjb-2015-0236.
- LEITÃO, Carlos André E.; CORTELAZZO, Angelo L. Structural and histochemical characterisation of the colleters of *Rodriguezia venusta* (Orchidaceae). *Australian Journal of Botany*, [S. l.], v. 56, n. 2, p. 161–165, 2008. DOI: 10.1071/BT07114.
- MAYER, Juliana Lischka Sampaio; CARDOSO-GUSTAVSON, Poliana; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, Beatriz. Colleters in monocots: New record for Orchidaceae. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, [S. l.], v. 206, n. 3, p. 185–190, 2011. DOI: 10.1016/j.flora.2010.09.003.
- MAYER, Juliana Lischka Sampaio; CARMELLO-GUERREIRO, Sandra Maria; MAZZAFERA, Paulo. A functional role for the colleters of coffee flowers. *AoB PLANTS*, [S. l.], v. 5, n. December 2012, p. 1–13, 2013. DOI: 10.1093/aobpla/plt029.
- MCMANUS, J. F. A. Histological and Histochemical Uses of Periodic Acid. *Stain Technology*, [S. l.], v. 23, n. 3, p. 99–108, 1948. DOI: 10.3109/10520294809106232.

MIGUEL, E. Castro De; MOREIRA GOMES, V.; OLIVEIRA, M. A. De; CUNHA, M. Da. Colleters in *Bathysa nicholsonii* K. Schum. (Rubiaceae): Ultrastructure, Secretion Protein Composition, and Antifungal Activity. *Plant Biology*, [S. l.], v. 8, n. 5, p. 715–722, 2006. DOI: <https://doi.org/10.1055/s-2006-924174>.

O'BRIEN, Terence P.; MCCULLY, Margaret E. *The study of plant structure : principles and selected methods*. Melbourne: Termarcarphi, 1981.

PAIVA, E. A. S.; MACHADO, S. R. Colleters in *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae) ontogenesis, ultrastructure and secretion. *Brazilian Journal of Biology*, [S. l.], v. 66, n. 1 B, p. 301–308, 2006. DOI: 10.1590/S1519-69842006000200012.

PAIVA, Elder Antônio Sousa. Occurrence, structure and functional aspects of the colleters of *Copaifera langsdorffii* Desf. (Fabaceae, Caesalpinioideae). *Comptes Rendus - Biologies*, [S. l.], v. 332, n. 12, p. 1078–1084, 2009. DOI: 10.1016/j.crv.2009.08.003.

PEARSE, Anthony Guy Everson. *Histochemistry theoretical and applied*. 4. ed. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1985.

PIMENTEL, Rafael R.; BARREIRA, Natália P.; SPALA, Diego P.; CARDIM, Nathane B.; SOUZA, Marcelo C.; SÁ-HAIAD, Bárbara; MACHADO, Silvia R.; ROCHA, Joecildo F.; SANTIAGO-FERNANDES, Lygia D. R. Development and evolution of the gynoeceum in Myrteae (Myrtaceae). *Australian Journal of Botany*, [S. l.], v. 62, n. 4, p. 335–346, 2014. DOI: 10.1071/BT14058.

PINHEIRO, Sergimar Kennedy De Paiva; SOUSA, Francinalda Xavier De; MEDEIROS, Paulo Rafael Lima De; MIGUEL, Thaiz Batista Azevedo Rangel; MIGUEL, Emilio De Castro. ENVIRONMENTAL SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (ESEM) OF *Morinda citrifolia* L. (Rubiaceae) COLLETTERS. *Acta Biomédica Brasiliensia*, [S. l.], v. 6, n. 2, p. 129, 2015. DOI: 10.18571/acbm.092.

PIZZOLATO, P.; LILLIE, R. D. Mayer's tannic acid-ferric chloride stain for mucins. *The journal of histochemistry and cytochemistry : official journal of the Histochemistry Society, United States*, v. 21, n. 1, p. 56–64, 1973. DOI: 10.1177/21.1.56.

RETAMALES, HERNÁN A.; CABELLO, ANGEL; SERRA, MARÍA TERESA; SCHARASCHKIN, TANYA. Leaf micromorphology and anatomy of *Myrceugenia rufa* (Myrtaceae). An endemic coastal shrub of north-central Chile. *Gayana. Botánica*, [S. l.], v. 72, n. 1, p. 76–83, 2015. DOI: 10.4067/s0717-66432015000100010.

RIBEIRO, João Paulo Oliveira; OLIVEIRA JÚNIOR, Afonso Henrique De; SILVA, Cleber José Da. Colleters in two Myrtaceae species of the Brazilian Cerrado. *Brazilian Journal of Ecology*, São Paulo, v. 1, p. 46–56, 2018.

RIO, Maria Carolina S.; KINOSHITA, Luiza S.; CASTRO, Marília M. Anatomia foliar como subsídio para a taxonomia de espécies de *Forsteronia* G. Mey. (Apocynaceae) dos cerrados paulistas. *Revista Brasileira de Botânica*, [S. l.], v. 28, n. 4, p. 713–726, 2005. DOI: 10.1590/s0100-84042005000400006.

ROBBRECHT, E. The African Genus *Tricalysia* A. Rich. (Rubiaceae). 3. *Probletostemon* Revived as a Section of Subgenus *Tricalysia*. *Bulletin du Jardin botanique national de Belgique / Bulletin van de National Plantentuin van België*, [S. l.], v. 53, n. 3/4, p. 299–320, 1983. DOI: 10.2307/3667793.

ROBBRECHT, E. The African Genus *Tricalysia* A. Rich. (Rubiaceae). 4. A Revision of the Species of Sectio *Tricalysia* and Sectio *Rosea*. Bulletin du Jardin botanique national de Belgique / Bulletin van de National Plantentuin van België, [S. l.], v. 57, n. 1/2, p. 39–208, 1987. DOI: 10.2307/3668317.

ROCHA, Joecildo Francisco; PIMENTEL, Rafael Ribeiro; MACHADO, Sílvia Rodrigues. Estruturas secretoras de mucilagem em *Hibiscus pernambucensis* Arruda (Malvaceae): Distribuição, caracterização morfoanatômica e histoquímica¹. Acta Botanica Brasilica, [S. l.], v. 25, n. 4, p. 751–763, 2011. DOI: 10.1590/S0102-33062011000400003.

SILVA, Cleber J. Da; BARBOSA, Luiz Cláudio De A.; MARQUES, Ana E.; BARACAT-PEREIRA, Maria Cristina; PINHEIRO, Antônio L.; MEIRA, Renata M. S. A. Anatomical characterisation of the foliar colleters in Myrtoideae (Myrtaceae). Australian Journal of Botany, [S. l.], v. 60, n. 8, p. 707–717, 2012. DOI: 10.1071/BT12149.

SILVA, Cleber José Da; RIBEIRO, João Paulo Oliveira; MEIRA, Renata Maria Strozi Alves. New registers of colleters in species of myrtaceae from Brazilian cerrado. Rodriguesia, [S. l.], v. 70, 2019. DOI: 10.1590/2175-7860201970055.

SILVA, Gabriela Santos Da; FERRARO, Alexandre; OGANDO, Felipe Iwagaki Braga; AGUIAR, Claudio Lima De; APPEZZATO-DA-GLÓRIA, Beatriz. Structures related to resprouting potential of two myrtaceae species from Cerrado: Morpho-anatomical and chemical studies. Anais da Academia Brasileira de Ciências, [S. l.], v. 92, n. 1, p. 1–18, 2020. DOI: 10.1590/0001-3765202020180472.

SIMÕES, André O.; CASTRO, Marília De M.; KINOSHITA, Luiza S. Calycine colleters of seven species of Apocynaceae (Apocynoideae) from Brazil. Botanical Journal of the Linnean Society, [S. l.], v. 152, n. 3, p. 387–398, 2006. DOI: 10.1111/j.1095-8339.2006.00572.x.

THOMAS, Vinoth. Structural, functional and phylogenetic aspects of the colleter. Annals of Botany, [S. l.], v. 68, n. 4, p. 287–305, 1991. DOI: 10.1093/oxfordjournals.aob.a088256.

WILSON, P. G.; O'BRIEN, M. M.; HESLEWOOD, M. M.; QUINN, C. J. Relationships within Myrtaceae sensu lato based on a matK phylogeny. Plant Systematics and Evolution, [S. l.], v. 251, n. 1, p. 3–19, 2005. DOI: 10.1007/s00606-004-0162-y.

WILSON, Peter G.; BRIEN, Marcelle M. O.; GADEK, Paul A.; CHRISTOPHER, J. Myrtaceae Revisited : A Reassessment of Infraclassical Groups. American Journal of Botany, [S. l.], v. 88, n. 11, p. 2013–2025, 2001.

WILSON, Peter G.; HESLEWOOD, Margaret M. An expanded phylogenetic analysis of *Sannantha* (Myrtaceae) and description of a new species. Australian Systematic Botany, [S. l.], v. 27, n. 1, p. 78–84, 2014. DOI: 10.1071/SB14011.