

ENGENHARIA: A MÁQUINA QUE CONSTRÓI O FUTURO

VOLUME XIV



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

Frederico Celestino Barbosa

Engenharia: a máquina que constrói o futuro

14^a ed.

Piracanjuba-GO
Editora Conhecimento Livre
Piracanjuba-GO

14ª ed.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Barbosa, Frederico Celestino
B238E Engenharia: a máquina que constrói o futuro

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2023

144 f.: il

DOI: 10.37423/2023.edcl749

ISBN: 978-65-5367-346-5

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. desenvolvimento 2. projeto 3. construção I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 620

<https://doi.org/10.37423/2023.edcl749>

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

EDITORIA CONHECIMENTO LIVRE

Corpo Editorial

MSc Edson Ribeiro de Britto de Almeida Junior

MSc Humberto Costa

MSc Thays Merçon

MSc Adalberto Zorzo

MSc Taiane Aparecida Ribeiro Nepomoceno

PHD Willian Douglas Guilherme

MSc Andrea Carla Agnes e Silva Pinto

MSc Walmir Fernandes Pereira

MSc Edisio Alves de Aguiar Junior

MSc Rodrigo Sanchotene Silva

MSc Wesley Pacheco Calixto

MSc Adriano Pereira da Silva

MSc Frederico Celestino Barbosa

MSc Guilherme Fernando Ribeiro

MSc. Plínio Ferreira Pires

MSc Fabricio Vieira Cavalcante

PHD Marcus Fernando da Silva Praxedes

MSc Simone Buchignani Maigret

Dr. Adilson Tadeu Basquerote

Dra. Thays Zigante Furlan

MSc Camila Concato

PHD Miguel Adriano Inácio

MSc Anelisa Mota Gregoleti

PHD Jesus Rodrigues Lemos

MSc Gabriela Cristina Borborema Bozzo

MSc Karine Moreira Gomes Sales

Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

MSc Pedro Panhoca da Silva

MSc Helton Rangel Coutinho Junior

MSc Carlos Augusto Zilli

MSc Euvaldo de Sousa Costa Junior

Dra. Suely Lopes de Azevedo

MSc Francisco Odecio Sales

MSc Ezequiel Martins Ferreira

MSc Eliane Avelina de Azevedo Sampaio

CAPÍTULO 1	6
IDENTIFICAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E REABILITAÇÃO DAS ESTRUTURAS DETERIORADAS DE UMA EDIFICAÇÃO	
GABRIELLA CAVALCANTE DE SOUZA	
PALOMA SANTOS XAVIER DE ALCANTARA	
YASMIM MEDEIROS ROCHA	
MIQUEIAS EUDES NOGUEIRA RODRIGUES	
JOSE PERICLES DE SOUSA DA COSTA	
DOI 10.37423/230607881	
 CAPÍTULO 2	 33
INDÚSTRIA TÊXTIL E A SUA PRODUÇÃO DE RESÍDUO: REFLEXÕES E REVISÃO DE LITERATURA E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA	
Lisleandra Machado	
Leonardo Amorim de Araújo	
Carlos Arthur Alevato Leal	
Arthur Assunção	
Lucas Mendes Ferreira	
Samuel Alves de Freitas	
Lívia Meneguitte Ávila	
Gustavo José Santiago Rosseti	
Gabriela de Castro Almeida	
Gabriel Luís da Conceição	
DOI 10.37423/230607883	
 CAPÍTULO 3	 49
PROPOSTA DE UMA MODELAGEM UTILIZANDO PRV PARA OTIMIZAÇÃO DO ROTEAMENTO DA COLETA SELETIVA EM MOSSORÓ - RN	
Vanessa Elionara Souza Ferreira Oliveira	
Antônia Claudenice Pinheiro de Almeida Paiva	
Monaliza Ferreira Rodrigues de Paula	
Cristiane de Mesquita Tabosa	
DOI 10.37423/230607884	
 CAPÍTULO 4	 64
PRODUÇÃO DE CARBONO ATIVADO A PARTIR DA FIBRA DECOCO (COCOS NUCIFERA) UTILIZANDO ÁCIDO SULFÚRICO PARA APLICAÇÃO NA REAÇÃO DE ESTERIFICAÇÃO.	
Beatriz Ferraz Martins	
Paula Katherine Leonez da Silva Valença	
DOI 10.37423/230607887	

CAPÍTULO 5 80

A UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS NA INTEGRAÇÃO DE DADOS NO MUNICÍPIO DE NITERÓI

Cândido Talim Bugarin
Nathália da Silva Henrique de Moura
Walace Medeiros Barbosa
Eric de Oliveira Almeida
Renata da Silva Teixeira
Henrique Nunes Coutinho
Raphael Barcelos Barbarioli
Marcos Rezende Ferreira Dutra
Marina Magalhães Reis dos Santos
Thais Belloti Loureiro

DOI 10.37423/230607908

CAPÍTULO 6 85

UMA NOVA ABORDAGEM PARA O PLANEJAMENTO DO LAYOUT E O REGISTRO DA LOCALIZAÇÃO DE ITENS EM ARMAZENS

Gustavo de Souza Matias
Fernando Henrique Lermen
Tainara Rigotti de Castro
Rubya Vieira de Mello Campos
Tania Maria Coelho
Marcia de Fátima Moraes
Valderice Herth Junkes
Camila Matos

DOI 10.37423/230607912

CAPÍTULO 7 102

IMPLANTAÇÃO DE MATRIZ FOTOVOLTAICA NO IFFLUMINENSE – CAMPUS ITABORAÍ: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE FONTES RENOVÁVEIS DISTINTAS DE ENERGIA ELÉTRICA

LUIZ ALBERTO OLIVEIRA LIMA ROQUE
Luís Fernando Fernandes Pimentel
Wanderson Amaral da Silva
JONNY DE SOUZA LIMA

DOI 10.37423/230607945

CAPÍTULO 8 126

COMPARATIVO ECONÔMICO ENTRE CONDICIONADORES DE AR COM TECNOLOGIAS CONVENCIONAL E INVERTER

Filipe Marangoni

Tais Tellini

Renan Paula Ramos Moreno

Samir de Oliveira Ferreira

Evandro Andre Konopatzki

DOI 10.37423/230607947

Capítulo 1



10.37423/230607881

IDENTIFICAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E REABILITAÇÃO DAS ESTRUTURAS DETERIORADAS DE UMA EDIFICAÇÃO

GABRIELLA CAVALCANTE DE SOUZA

Faculdade Três Marias

PALOMA SANTOS XAVIER DE ALCANTARA

Faculdade Três Marias

YASMIM MEDEIROS ROCHA

Universidade Federal da Paraíba

MIQUEIAS EUDES NOGUEIRA RODRIGUES

Faculdade Três Marias

JOSE PERICLES DE SOUSA DA COSTA

Faculdade Três Marias



Resumo: Devido ações externas e internas nas edificações, seja de caráter ambiental ou antrópico, podem ocorrer danos que reduzem a durabilidade e a vida útil das estruturas. Então, é de fundamental importância ter o conhecimento das causas das manifestações patológicas de um edifício, através de inspeções e intervenções adequadas para mitigação de patologias que venham ocasionar danos. O presente trabalho tem como objetivo estudar os fundamentos teóricos através de experiência prática sobre as manifestações de problemas patológicos nas estruturas de concreto armado em um edifício com 25 anos de existência, visando à reabilitação das estruturas deterioradas e prevenção de novas falhas. Neste estudo, estabelece-se um procedimento de atuação, através de vistoria do local, do histórico do edifício e do diagnóstico da situação atual, bem como a definição da conduta de recuperação a partir da escolha de alternativa de intervenção mais conveniente. Ao final do estudo, percebe-se que os problemas patológicos estão relacionados a problemas executivos (cobrimento inadequado das armaduras das estruturas) e problemas na fase de uso (falta de manutenção preventiva da edificação) e que os problemas de corrosão, possivelmente, foram em função de problemas de projeto, pela não consideração da agressividade ambiental da região que a edificação se encontra. Os resultados convergem para o entendimento de que a cultura da manutenção preventiva ainda não está inserida na construção civil local e quiçá brasileira e que os cuidados tomados nas etapas de concepção do projeto e execução da obra podem aumentar significativamente a vida útil da edificação, reduzindo o surgimento de patologias.

Palavras-chave: Patologia. Recuperação estrutural. Durabilidade. Concreto armado.

1 INTRODUÇÃO

Há mais de 20 anos, inúmeros pesquisadores vêm se dedicando ao estudo da durabilidade das edificações devido ao aumento de danos concorridos nas estruturas de concreto (ARANHA, 1994).

Atualmente a realidade é semelhante, sendo possível perceber as crescentes manifestações patológicas nas edificações executadas em estruturas de concreto armado, principalmente no que se refere à corrosão de armaduras.

As manifestações patológicas são aquelas que surgem em um determinado sistema, alterando, danificando e enfraquecendo sua estrutura real (HELENE, 2001).

Segundo Jonov *et al.* (2013), as manifestações patológicas das edificações são desenvolvidas a partir de problemas de umidade frequentes e representam um dos maiores transtornos para uma edificação durante sua vida útil; estão ligadas à idade da construção, ao clima, aos materiais e técnicas construtivas aplicadas e ao nível de controle de qualidade realizado nas construções.

Estas manifestações patológicas se dão por fatores internos (endógenos), que são provenientes de falhas durante o processo construtivo, deficiência dos projetos, utilização ou desgaste natural da edificação e por fatores externos (exógenos), naturais ou antrópicos.

Faz-se necessário o estudo da patologia das construções, que, de acordo com Steen (1991) *apud* Andrade (1997), surge da necessidade de identificar as manifestações patológicas mais incidentes e suas causas, seguido da necessidade do conhecimento da evolução dos problemas, o quanto antes identificados, para que os custos de reparo dos elementos danificados sejam os menores possíveis.

Ainda que a causa que leva à ocorrência dos problemas patológicos, muitas vezes, seja uma combinação de diversos fatores, através de vistorias realizadas por profissionais tecnicamente qualificados e experientes, é possível a identificação da natureza, da origem e dos mecanismos envolvidos, bem como a proposição do tratamento da patologia e reabilitação das estruturas (ANDRADE, 1997). Isso, graças às características bem específicas dos problemas patológicos nas estruturas de concreto armado.

Conforme Helene (1993), dentre as manifestações patológicas mais importantes que afetam o comportamento e funcionalidade do concreto armado, está a corrosão das armaduras. Seus efeitos degenerativos manifestam-se na forma de fissuras, destacamento do concreto de cobrimento, redução da seção resistente das armaduras e frequentemente rompimento dos estribos, ou seja,

deteriorações que podem levar ao comprometimento da segurança estrutural das edificações, interferindo na sua durabilidade.

A corrosão das armaduras corresponde a um processo eletroquímico, que conduz à formação de óxidos e hidróxidos de ferro com volume muito superior ao volume do metal de origem, gerando tensões internas no concreto que levam ao aparecimento de efeitos degenerativos (SÁ, 2006, p. 15).

De um modo simplificado, a corrosão de armaduras ocorre quando a camada passivadora formada pela alta alcalinidade do concreto, que se localiza entre o concreto e o aço, é quebrada. Quando a película se rompe, o aço pode entrar em processo de corrosão. Sua seção reduz devido às reações e o aço perde sua resistência, também há um produto dessa reação que se expande e faz com que o concreto fissure de dentro da peça para fora (SILVA; MONTEIRO, 2016).

Figueiredo e Meira (2013) dizem que, entre alguns fatores que podem ocasionar essas manifestações, está a carbonatação do concreto (entrada de CO_2 pelos poros ou fissuras presentes no concreto), que reduz seu pH quebrando o estado de passividade das armaduras e, quando se trata de edificações em área marítima, a presença de íons Cl^- também pode despassivar as armaduras, acarretando a corrosão.

A corrosão das armaduras, frequentemente, provoca nas edificações desagregação do material, descontinuidades nos elementos estéticos, redução da resistência mecânica, redução da estabilidade e produtos expansivos resultando em forças de tração as quais, geralmente, não são suportadas pelo concreto, desenvolvendo-se o aparecimento de fissuras que deixam a estrutura susceptível à progressiva incidência de manifestações, diminuindo a durabilidade e vida útil da construção, podendo culminar em colapsos (MEDEIROS *et al*, 2017).

Os problemas citados até o momento ocorrem, principalmente, por problemas executivos das estruturas, ou problemas devido a erros nos projetos executivos, ou ainda, problemas provenientes da fase de uso, quando não são realizadas manutenções e/ou reparos necessários nas edificações. Nesse último caso, as estruturas danificadas das edificações devem ser recuperadas de modo a conservar-se em boas condições de funcionamento, o que gera custos elevados com reparos, além da diminuição do desempenho do ambiente construído e da vida útil do empreendimento.

A vida útil pode ser definida como sendo “o período efetivo de tempo durante o qual uma estrutura ou qualquer de seus componentes satisfazem os requisitos de desempenho do projeto, sem ações imprevistas de manutenção ou reparo” (ISO, 2012, p. 3).

Já a Norma Brasileira NBR 6118, entende por vida útil:

O período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, sem intervenções significativas, desde que **atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos** pelo projetista e pelo construtor, bem como de execução dos reparos necessários decorrentes de danos acidentais (ABNT, 2014, p. 15, grifo nosso).

Ou seja, vida útil pode ser entendida como o período durante o qual as propriedades dos materiais da edificação permanecem acima dos limites mínimos especificados atendendo aos requisitos de manutenção prevista (SOUZA; RIPPER, 1998).

Podem-se destacar duas fases principais que são determinantes para a garantia da vida útil: a fase de projeto e execução e a fase de uso e manutenção.

Na fase de projeto e execução é de responsabilidade do projetista e do incorporador estabelecer a Vida Útil de Projeto (VUP), ou seja, garantir, diante do estágio de conhecimento no momento do projeto, que a edificação seja concebida para atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nas normas aplicáveis, durante um determinado período de tempo exigido (ABNT, 2013a).

Todavia, apenas construir não é suficiente. É preciso, também, manter aquilo que foi construído para que essa edificação permaneça habitável pelo período para o qual foi projetada, atendendo a todos os requisitos para os quais foi criada.

É de responsabilidade do usuário estar atento para a realização da manutenção de acordo com a norma ABNT NBR 5674:2012 e o manual de operação, uso e manutenção da edificação ou documento similar. Tais manutenções estabelecidas nesses documentos já estão previstas no cálculo da VUP e a não realização das mesmas pode trazer expressiva diminuição do desempenho da edificação, com o surgimento de problemas patológicos, num menor período de tempo.

O planejamento de manutenção preventiva pode evitar altos custos de reforma, promovendo a valorização do bem no mercado imobiliário, “impactando no aumento da vida útil da edificação, melhoria no desempenho de equipamentos e instalações em geral, além de garantir a segurança, o conforto e a economia para o proprietário e para todos os indivíduos que utilizam o edifício” (VILLANUEVA, 2015, p. 15).

Além do mais, as fissuras, destacamento de revestimento cerâmico, entre outros problemas patológicos, criam constrangimento aos moradores das edificações, tanto no aspecto estético quanto pelo receio do comprometimento da integridade física dos mesmos.

As causas degenerativas das estruturas de concreto ainda podem estar associadas à agressividade do meio ambiente ao qual estão expostas. E, conforme Helene (2004), a agressividade do meio ambiente

está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas (volume, ações térmicas, retração hídrica, dimensionamento das estruturas, etc.).

Nesse sentido, a NBR 6118 apresenta uma tabela com a classificação da agressividade em função do tipo de ambiente onde a estrutura estará inserida, bem como o risco de deterioração associado a cada classe de agressividade (ABNT, 2014).

Em consonância com o Andrade (1997), que realizou um estudo sobre a durabilidade das estruturas de concreto armado no estado de Pernambuco, a consideração da agressividade do ambiente é de suma importância para identificar as causas das manifestações patológicas das edificações e sua durabilidade, principalmente naquelas que se localizam em áreas com uma elevada agressividade ambiental, como é o caso das estruturas localizadas na região salina (marítima) do Nordeste do Brasil.

Portanto, este artigo apresenta uma contribuição ao estudo da patologia em edificações, tendo como objetivo identificar as ocorrências de manifestações patológicas em uma edificação vertical, suas causas e apresentar a solução adotada para reabilitação das estruturas deterioradas.

2 METODOLOGIA DA PESQUISA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Considerando seus objetivos, esta pesquisa caracteriza-se como exploratória-descritiva nos critérios propostos por Gil (2008), pois buscou compreender os problemas patológicos da edificação e caracterizar as atividades de recuperação da estrutura.

Com relação à abordagem do problema, a pesquisa se classifica como qualitativa, pois Gerhardt e Silveira (2009) afirmam que tal abordagem tem objetivação do fenômeno; hierarquização das ações de descrever, compreender e explicar determinado fenômeno.

Por fim, do ponto de vista do método de procedimento dessa pesquisa, conforme destaca Yin (2005), pela realização da pesquisa de campo em um único edifício, esta se caracteriza como estudo de caso único. A Tab. 1 a seguir mostra de forma sucinta a classificação da pesquisa.

NATUREZA	OBJETIVOS	ABORDAGEM	MÉTODO
Básica	Exploratória-descritiva	Qualitativa	Estudo de caso

Tabela 1 – Classificação da pesquisa

Fonte: Autores (2018)

2.2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

A edificação em estudo trata-se de um edifício residencial localizado no Bairro de Tambaú na cidade de João Pessoa - Paraíba, em zona predominantemente residencial, localizada em uma área marítima, aproximadamente 500 metros do mar.

Pela característica, a agressividade ambiental deveria ser considerada, quanto aos projetos das estruturas, segundo a NBR 6118, como uma agressividade ambiental forte, com grande risco de deterioração, conforme Tab. 2.

Classe de agressividade ambiental	Agressividade	Classificação geral do tipo de ambiente para efeito de projeto	Risco de deterioração da estrutura
I	Fracá	Rural	Insignificante
		Submersa	
II	Moderada	Urbana	Pequeno
III	Forte	Marinha	Grande
		Industrial	
IV	Muito forte	Industrial	Elevado
		Respingos de maré	

Tabela 2 – Classe de agressividade ambiental

Fonte: ABNT (2014)

Isso implicaria num maior cuidado quanto a espessura do concreto de cobrimento das peças estruturais, bem como todas as outras medidas estabelecidas nas normas pertinentes para o bom desempenho das estruturas da edificação.

A edificação tem em cerca de 25 anos e toma forma em uma estrutura de concreto armado, com vedação em alvenaria, esquadrias de alumínio, guarda-corpos compostos de vidro e alumínio e com fachada em revestimento cerâmico. Pode-se considerar o edifício residencial como sendo de padrão médio alto, possuindo 15 pavimentos, sendo 12 pavimentos tipo, 1 pavimento pilotis, 1 coberta e 1 semi-enterrado (garagem).

Cada pavimento tipo é constituído com 2 apartamentos por andar, conforme apresentado na Fig. 1.



Figura 1 – Fachada leste da edificação

Fonte: Arquivo dos autores (2017)

Vale destacar que, desde a sua construção, nunca foram realizados serviços de manutenção nas estruturas da edificação, apenas a reforma da piscina no pavimento pilotis e serviços de pintura em áreas comuns.

Nesse sentido, a Norma de desempenho NBR 15575 chama atenção para o fato de que “é necessário salientar a importância da realização integral das ações de manutenção pelo usuário” (ABNT, 2013b, p. 42), destacando que se este não realizar a manutenção indicada, corre-se o risco de a VUP não ser atingida.

Complementarmente, a norma de desempenho supracitada, destaca que para se atingir a VUP mínima (no caso das estruturas da edificação, 50 anos) é necessário atender, simultaneamente, os cinco aspectos abaixo descritos:

- a) emprego de componentes e materiais de qualidade compatível com a VUP;
- b) execução com técnicas e métodos que possibilitem a obtenção da VUP;
- c) cumprimento em sua totalidade dos programas de manutenção corretiva e preventiva;
- d) atendimento aos cuidados preestabelecidos para se fazer um uso correto do edifício;
- e) utilização do edifício em concordância ao que foi previsto em projeto.

2.3 INSTRUMENTOS E PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Considerando sua classificação, aspirando ao atendimento dos objetivos apresentados na pesquisa, foram delineadas quatro fases com o propósito de identificar as ocorrências de problemas patológicos e apresentar a solução adotada para reabilitação das estruturas deterioradas da edificação.

Seguindo o pressuposto literário de que qualquer estudo, sendo ele de qualquer área, exige a pesquisa bibliográfica prévia, a primeira fase dessa pesquisa foi constituída de estudo bibliográfico, para conhecimento sobre patologia das edificações, os fatores intervenientes e acelerantes do processo de degradação das estruturas de concreto armado; seguido da realização de uma abordagem sintética e elementar dos conceitos de durabilidade para o melhor entendimento da importância da manutenção de edificações; e sobre métodos e técnicas de recuperação estrutural.

Com o conhecimento adquirido na pesquisa bibliográfica, a segunda fase, exploratória, compreendeu a pesquisa de campo. Nessa fase foi realizada uma entrevista com o síndico e um morador mais antigo do condomínio, através da aplicação de um roteiro de entrevista estruturado (Apêndice A), objetivando fazer um levantamento da história do edifício e das manifestações patológicas, bem como da realização de algum tipo de manutenção e intervenção já realizadas. Na ocasião, procurou-se fazer um levantamento dos projetos estruturais e arquitetônicos da edificação, os quais não foram encontrados.

Ainda na fase exploratória, realizou-se uma inspeção no edifício, através da aplicação de um roteiro de entrevista estruturado contendo o formulário de verificação de manifestações patológicas, também presente no Apêndice A, buscando identificar a natureza e possíveis causas dos problemas, incluindo o exame visual de toda a edificação, realizando um levantamento fotográfico detalhado, registro de todos os sintomas visuais (manchas de óxido, fissuras, desagregação, eflorescência, infiltração, descolamento, de revestimentos, etc.), identificação da agressividade do ambiente (fraca, moderada, forte ou muito forte), redução do diâmetro das armaduras que estavam aparentes, entre outros problemas.

Através da inspeção visual foi possível identificar as causas dos problemas encontrados, formulando hipóteses para as origens dos problemas, buscando evidências que comprovassem essas hipóteses para realizar o diagnóstico.

A terceira fase foi constituída da descrição dos problemas encontrados na edificação, onde através da entrevista e de posse de todos os dados coletados na inspeção, foi possível a elaboração do

diagnóstico. Entende-se pelo diagnóstico como o documento composto da interpretação de todos os dados com as descrições das prováveis causas, origens e mecanismos das anomalias.

O diagnóstico foi elaborado em forma de proposta preliminar com a descrição dos problemas encontrados, alternativa de recuperação e com a apresentação da planilha de preços e serviços.

Por fim, após aplicação dos instrumentos, de posse do diagnóstico e indicação do tratamento, a quarta e última fase, foi composta da recuperação das estruturas deterioradas.

Na Fig. 2, estão apresentadas de forma simplificada, as etapas de desenvolvimento da pesquisa.

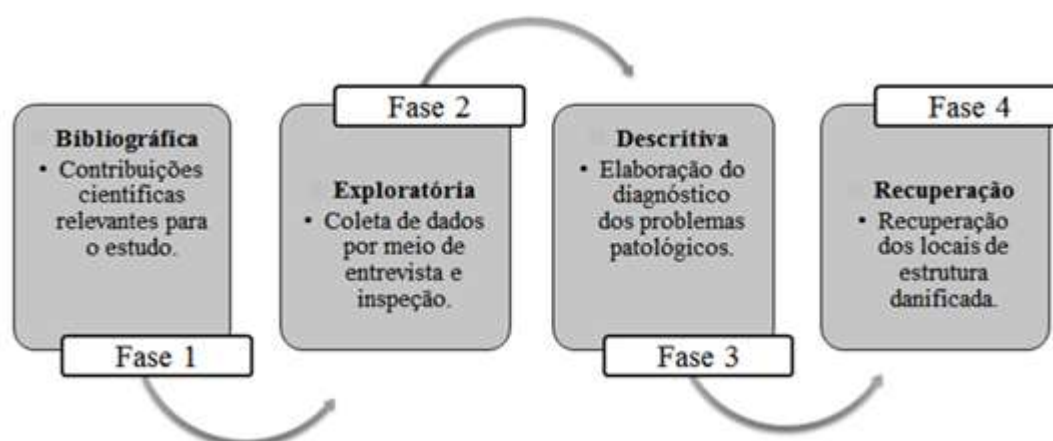


Figura 2 – Fases de desenvolvimento da pesquisa

Fonte: Autores (2018)

3 ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO E DISCURSÕES

3.1 DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS ENCONTRADOS

Na vistoria realizada da edificação, foi detectada a presença de danos estruturais localizados, representados, principalmente, por fissuras no concreto. A causa principal das fissuras foram as corrosões encontradas nas armaduras que aumentaram de volume em até cinco vezes o seu diâmetro, provocando uma força de expansão interna, culminando na degradação da estrutura.

A Fig. 3 mostra que os danos foram encontrados com mais frequência na face interior de vigas (c) e lajes das varandas (fachada), e em lajes (a), pilares (b) e vigas do subsolo.



Figura 3 – Corrosão da armadura em lajes, pilares e vigas

Fonte: Arquivo dos autores (2017)

Seguramente, a origem dos problemas apresentados foram falhas nos projetos e/ou falhas na execução das estruturas da edificação, visto que foram identificadas espessuras de cobrimento de concreto das armaduras das estruturas menores do que especifica a ABNT NBR 6118:2014 para a região, de forte agressividade ambiental, onde a edificação se encontra.

Essas falhas nos traz a observação da ausência de especificação normativa brasileira, há 25 anos, referente a espessura de cobrimento das armaduras das estruturas em função da classificação da agressividade do ambiente da edificação.

No Brasil, conforme Helene (2004), a primeira norma sobre estruturas de concreto data de 1931 e especificava apenas o cobrimento maior ou igual a 1 cm para lajes interiores e maior ou igual a 1,5 cm para exteriores; e, cobrimento maior ou igual a 1,5 cm para pilares e vigas interiores e maior ou igual a 2 cm para exteriores.

Infelizmente, os anos se passaram e ainda em 1978, na norma que viria a ser ampliada (NB-1 - Cálculo e execução de obras de concreto armado) e passaria a ser, em 2003, a primeira publicação da ABNT NBR 6118, ainda não fazia a correta consideração da espessura de recobrimento da armadura em decorrência da classificação da agressividade do ambiente.

Apesar da existência de normas internacionais antecedentes, no Brasil, apenas a 15 anos atrás, com a primeira publicação da ABNT NBR 6118 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento, houve a indicação da correspondência da agressividade ambiental e o cobrimento nominal das estruturas de concreto armado e protendido (Tab. 3) e ainda, entre a classe de agressividade e a qualidade do concreto.

Tipo de estrutura	Componente ou elemento	Classe de agressividade ambiental (Tab. 2)			
		I	II	III	IV
		Cobrimento nominal (mm)			
Concreto armado	Laje	20	25	35	45
	Viga/Pilar	25	30	40	50
	Elementos estruturais em contato com o solo	30		40	50
Concreto protendido	Laje	25	30	40	50
	Viga/Pilar	30	35	45	55

Tabela 3 – Correspondência entre a classe de agressividade ambiental e o cobrimento nominal

Fonte: ABNT (2014)

Portanto, o cobrimento de concreto das armaduras das estruturas do presente estudo, construídas há 25 anos, que apresentava espessura de, no máximo, 15 mm, não foram executados de acordo com a correspondência da classe de agressividade ambiental.

Além disso, também foi detectado, na execução da retirada do revestimento cerâmico, conforme apresentado na Fig. 4, que algumas vigas da fachada da edificação encontravam-se com deslocamento de áreas do emboço.



Figura 4 – Deslocamento do emboço da viga da fachada

Fonte: Arquivo dos autores (2017)

O deslocamento observado foi ocasionado, provavelmente, pela ação da força de expansão proveniente do processo de corrosão supradito, aliado aos erros construtivos de execução do reboco, que apresentava espessura maior que 10 cm, bem acima do permitido pela norma NBR 13749 que estabelece que a espessura de emboço externo deve estar entre 2 e 3 cm (ABNT, 1996). Entre o reboco e a estrutura de concreto, também se observou, a total ausência da ponte de aderência.

Visto isso, ficou perceptível o comprometimento do substrato (base) no qual estava prevista a aplicação do novo revestimento cerâmico, pois sobre a superfície “nua” da parede (base) é indispensável a execução do chapisco conforme a norma NBR 7200 (ABNT, 1998). Respeitando o traço conforme o item 4.5.1 da NBR 13755 (ABNT, 1996).

Ainda nas vigas da fachada, representadas pela cerâmica azul, no 2º pavimento (varanda da sala do apto 201) da fachada leste, foi identificado que a pingadeira estava com risco notável de desabamento, indicado na Fig. 5.



Figura 5 – Corrosão da armadura na viga de bordo da fachada

Fonte: Arquivo dos autores (2017)

A pingadeira, também conhecida por “capeação”, se define como sendo um acabamento externo de proteção, que serve para desviar a água da chuva impedindo que a mesma escorra ao longo da parede, prejudicando a fachada, fazendo com que fique manchada.

Esse acabamento foi instalado no fundo da viga para evitar o acúmulo de água e, consequente deterioração do forro em lambri, por conta da umidade acumulada.

A pingadeira, construída com massa de reboco, estava deslocando, oferecendo perigo aos usuários. Com a ocorrência do deslocamento, pôde-se constatar a corrosão da armadura no fundo da viga na

qual a pingadeira estava fixada, evidenciando que o deslocamento, provavelmente, ocorreu em virtude das forças de expansão do processo corrosivo da armadura.

Além da corrosão, verificou-se que pingadeira tinha dimensões elevadas de 10 x 10 cm e não havia ancoragem com a viga de concreto, e ainda, que havia eflorescência (depósitos cristalinos de cor branca na superfície do revestimento), podendo ter sido fatores acelerante do processo de degradação da estrutura.

Diante dos problemas apresentados, de posse do diagnóstico, foi recomendada ao síndico a recuperação dos pontos de estrutura danificados, com o objetivo de eliminar os riscos evidenciados, bem como cessar o processo de deterioração das peças de estruturas comprometidas.

3.2 RECUPERAÇÃO DAS ARMADURAS DAS PEÇAS ESTRUTURAIS DAS VARANDAS (FACHADA) E DO SUBSOLO

Com o objetivo de eliminar os riscos iminentes de desabamento de partes das estruturas, que punha em ameaça a integridade física dos transeuntes naqueles locais, foi executada a recuperação localizada das peças estruturais das varandas e do subsolo, conforme indicado por Medeiros (2008), representado na Fig. 6.

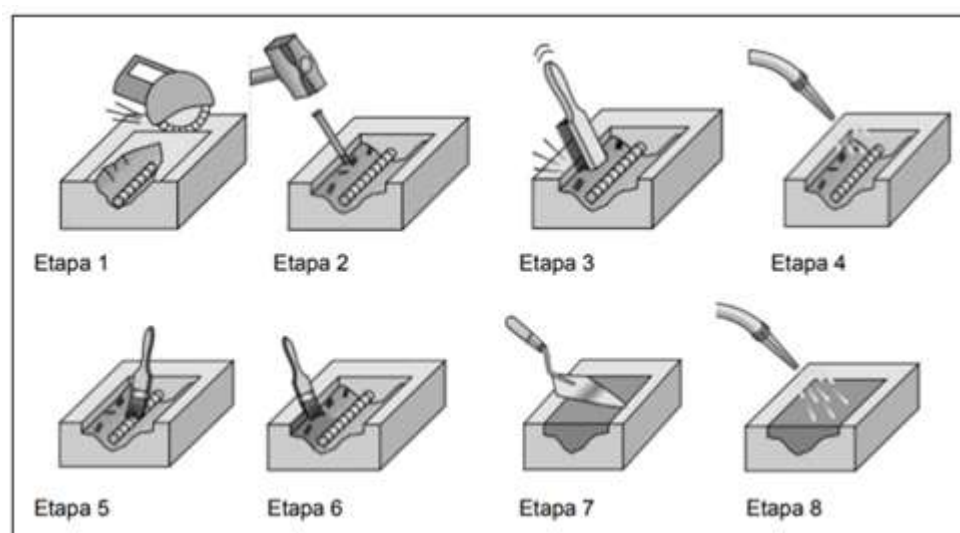


Figura 6 – Etapas para realização de processo de reparo estrutural localizado

Fonte: Medeiros (2008)

Para a recuperação, foi realizada a remoção integral do concreto danificado, desagregado ou chocho, através de corte cuidadoso, associado à recomposição da seção útil das armaduras oxidadas, e limpeza das superfícies do concreto original e das barras de aço, com emprego de escovas de aço manuais, e

restauração da seção original das peças da estrutura, com emprego de argamassa polimérica, tixotrópica, própria para recuperação de estruturas.

Após a remoção e limpeza, foi aplicado chapisco aditivados e finalmente a execução do novo emboço, permitindo a aplicação do novo revestimento cerâmico.

Essa técnica de reparo tradicional seguiu a seguinte sequência apresentada posteriormente na Fig. 7:

- Todo o concreto desagregado foi removido, descobrindo a armadura em todo seu perímetro (a);
- A armadura foi lixada, removendo-se assim toda a crosta de óxido de ferro formada ao seu redor (b);
- Foi feita a recomposição da seção útil das armaduras oxidadas (c)
- Foi aplicado primer inibidor de corrosão com alto teor de zinco em toda a área de recuperada. A proteção galvânica ativa as armaduras, uma vez que tal componente é mais eletronegativo que o aço, proporcionando uma proteção anódica das barras de aço, contra a corrosão eletroquímica, por carbonatação ou ataque de cloretos (d); e
- Por fim, foi realizada a reconstituição da seção de concreto com aplicação de graute que trata-se de uma argamassa tixotrópica de alta resistência e excelente aderência à superfície sobre a qual é aplicado, seu uso é próprio para recuperação estrutural (e).



Figura 7 – Sequência de recuperação das armadura com apicoamento, lixamento, reposição da armadura, aplicação de primer anticorrosivo e reconstituição da seção de concreto.

Fonte: Arquivo dos autores (2017)

3.3 RECUPERAÇÃO DO REVESTIMENTO DAS VIGAS DAS VARANDAS (FACHADA)

Primeiramente foi delimitada a área a ser demolida com auxílio de serra mármore e disco de corte, diminuindo o risco das possíveis quebras de cerâmicas adjacentes (Fig. 8).



Figura 8 – Demolição do revestimento das vigas da fachada

Fonte: Autores (2017)

Em seguida, para recomposição do emboço removido, foi aplicada argamassa composta de cimento, cal e areia, precedida por chapisco de cimento e areia no traço 1:3, aditivados com adesivo de base acrílica (emboço e chapisco), conforme Fig. 9.



Figura 9 – Execução do novo emboço das vigas da fachada

Fonte: Autores (2017)

Para os trechos de elevada espessura do emboço, maior do que 25 mm foram executadas, tantas camadas sucessivas de argamassa de regularização, quantas fossem necessárias, respeitando a espessura máxima de 25 mm para cada camada, conforme Fig. 10. A execução da camada de regularização foi sarrafeada e ficou com acabamento superficial áspero para receber a próxima

camada, respeitando sempre a idade mínima de 7 dias entre as camadas, conforme normatiza a NBR 13755 (ABNT, 1996).

Em conformidade com a norma supracitada, foi inserida uma tela metálica soldada na camada de argamassa de regularização ou no emboço, e ancorada na estrutura-suporte, constituída de fio com diâmetro igual ou maior do que 2 mm e malha com abertura quadrada de 5 x 5 cm, objetivando inibir a retração da argamassa.



Figura 10 – Execução do novo emboço das vigas da fachada

Fonte: Autores (2017)

O emboço apresentando na Figura anterior foi executado de modo a garantir a condição de planicidade adequada ao posterior assentamento de revestimento cerâmico com argamassa colante (Fig. 11).



Figura 11 – Execução do novo revestimento cerâmico das vigas da fachada

Fonte: Autores (2017)

Todo tratamento descrito seguiu a seguinte sequência de execução:

- Remoção total do emboço deteriorado e do revestimento cerâmico;
- Limpeza da superfície do concreto com jatos de água alta pressão para retirada de todas as impureza incrustadas no concreto;
- Execução de chapisco aditivado;
- Execução de novo emboço na fachada;
- Aplicação do revestimento cerâmico e rejunte.

3.4 RECUPERAÇÃO DO ACABAMENTO DAS VIGAS DA VARANDA

A recuperação da viga da varanda do 2º pavimento (varanda da sala do apto 201) da fachada leste, bem como todas as demais vigas das varandas, passaram por um criterioso processo de recuperação. Todas as pingadeiras, fixadas nas referidas vigas que estavam com em risco iminente de queda, foram removidas, conforme mostra a Fig. 12.



Figura 12 – Remoção das pingadeiras da viga da varanda

Fonte: Autores (2017)

A remoção visou o tratamento das armaduras das vigas com primer anticorrosivo rico em zinco (Fig. 13), e posteriormente o reparo das características arquitetônicas das pingadeiras, sendo totalmente reconstruídas em exata semelhança as existentes com a utilização de graute (Fig. 14).



Figura 13 – Tratamento da armadura da viga com inibidor anticorrosivo

Fonte: Autores (2017)



Figura 14 – Execução da pingadeira removida

Fonte: Autores (2017)

Portanto, apoiados no conhecimento sobre patologia das edificações e os processos de recuperação para aumento da durabilidade e vida útil das edificações, e, por conseguinte, estando entendidos os problemas patológicos, e aplicando-se as técnicas de reparo adequadas para tais, foi possível fazer considerações sobre as possíveis causas e origens dos problemas patológicos, bem como recomendações aos agentes executores e mantenedores da edificação.

4 CONCLUSÕES

Ao chegar ao final da estruturação desse trabalho, percebe-se um quadro bem claro do atual estágio das manifestações patológicas da edificação.

- Identifica-se que grande parte dos problemas ocorridos estão relacionados a problemas executivos, como cobrimento inadequado das armaduras das estruturas e problemas na fase de uso, no que se refere à falta de manutenção preventiva da edificação.
- Possivelmente, em função da agressividade ambiental na região que a edificação se encontra, a corrosão de armaduras foi o problema predominante. Tal frequência pode estar relacionada à falta de consideração da agressividade ambiental na etapa de projeto e execução da edificação, justificada pela inexistência de normas com tal abordagem na época de construção da edificação.
- A frequência maior de corrosão das estruturas pode estar relacionada à falta de cuidado durante a execução da estrutura, através da execução de um cobrimento inadequado das armaduras, dosagem do concreto deficiente, com presença de elementos químicos maiores que o recomendado, entre outros fatores.
- Quanto a recuperação das estruturas, verificou-se que, em virtude do efeito evolutivo observado nas manifestações patológicas, associada à falta de um programa de manutenção adequada, as pequenas manifestações poderiam ter sido corrigidas em seu estágio inicial, evitando que as manifestações patológicas levassem os elementos estruturais a condições últimas de segurança, fazendo-se necessário o reforço das armaduras.
- Os fatos levam a crer que a cultura da manutenção preventiva não foi levada em consideração, tanto pelos construtores locais, quanto pelos proprietários.
- Cuidados tomados nas etapas de concepção do projeto e execução da obra, levando em consideração as especificações normativas, podem aumentar significativamente a vida útil da edificação, diminuindo a quantidade e a frequência com que os problemas patológicos aparecem; e que,

- As obras de recuperação estrutural podem ser menos onerosas se os problemas patológicos forem identificados previamente.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação brasileira de normas técnicas. NBR 15575-1: Edificações habitacionais: requisitos gerais – Desempenho (b). Rio de Janeiro, 2013.
- _____. NBR 15575-5: Edificações habitacionais: requisitos para os sistemas de coberturas – Desempenho (a). Rio de Janeiro, 2013.
- _____. NBR13755: Revestimento de paredes externas e fachadas com placas cerâmicas e com utilização de argamassa colante – Procedimento. Rio de Janeiro, 1996.
- _____. NBR6118: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.
- _____. NBR7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas – Procedimento. Rio de Janeiro, 1998.
- ANDRADE, J. J. de O. Durabilidade das estruturas de concreto armado: análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco, 1997. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1997.
- ARANHA, P. M. S. Contribuição ao Estudo das Manifestações Patológicas nas Estruturas de Concreto Armado na Região Amazônica. Porto Alegre, 1994. 144 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1994.
- FIGUEIREDO, Enio J. P.; MEIRA, Gibson R. Corrosão das armaduras de concreto. Boletim Técnico. Mérida, México, 2013. Disponível em: < <http://alconpat.org.br/wp-content/uploads/2012/09/B6-Corros%C3%A3o-das-armaduras-das-estruturas-de-concreto.pdf>>. Acesso em: 07 abr. 2018.
- GERHARDT, T. E.; SILVEIRA, D. T. [org.]. Métodos de pesquisa. Coordenado pela Universidade Aberta do Brasil – UAB/UFRGS e pelo Curso de Graduação Tecnológica – Planejamento e Gestão para o Desenvolvimento Rural da SEAD/UFRGS. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- HELENE, P. R. L. A Nova ABNT NBR 6118 e a Vida Útil das Estruturas de Concreto. In: Seminário de Patologia das Construções, 2, 2004, Porto Alegre. Proceedings... Porto Alegre: Novos Materiais e Tecnologias Emergentes, LEME, UFRGS, v. 1. p. 1-30, 2004.
- _____, P. R. L. Contribuição ao estudo da corrosão em armaduras de concreto armado. São Paulo, v. 231, p. 14, 1993.
- _____, P. R. L. Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto NB 1/2001. In: Workshop eletrônico sobre durabilidade das construções, workshop sobre durabilidade das construções, 2., 2001, São José dos Campos. Anais... São José dos Campos, 2001.
- ISO. International organization for standardization. ISO 13823. General principles on the design of structures for durability, 2008.
- JONOV, C. P. et al. Avaliação de danos às edificações causados por inundações e obtenção dos custos de recuperação. Ambiente Construído, v. 13, n. 1, p. 75-94, 2013.

MEDEIROS, M. H. F. Corrosão do concreto é causada por umidade e gases nocivos. Revista digital AECweb, Brasília. 2008. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/corrosao-do-concreto-e-causada-por-umidade-e-gases-nocivos_6412_0_1>. Acesso em: 07 de abr. de 2018.

_____, M. H. F. et al. Potencial de corrosão: influência da umidade, relação água/cimento, teor de cloreto e cobrimento. RIEM-IBRACON Structures and Materials Journal, v. 10, n. 4, 2017.

SÁ, R. R. Influência da realcalinização por meio da absorção/difusão de soluções alcalinas na resistência à compressão do concreto, na aderência de tintas e vernizes e na repassivação da armadura. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

SILVA, R.; MONTEIRO, E. C. B. Avaliação do desempenho de impregnante inibidor de corrosão aplicado em estruturas de concreto armado sob a ação de íons cloreto. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, v. 2, n. 1, 2016.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto. São Paulo: Pini, 1998. 255 p.

VILLANUEVA, M. M. A importância da manutenção preventiva para o bom desempenho da edificação. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do grau de Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

YIN. R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

APÊNDICE A – ROTEIRO PARA ENTREVISTA COM REPRESENTANTE DA EDIFICAÇÃO

Faculdade Maurício de Nassau
Graduação em Engenharia Civil

Pesquisa: **IDENTIFICAÇÃO DAS MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS E REABILITAÇÃO DAS ESTRUTURAS DETERIORADAS DE UMA EDIFICAÇÃO: um estudo de caso na cidade de João Pessoa - PB**

Graduandas: GABRIELLA HONÓRIO MEDEIROS ARAÚJO
GABRIELLA CAVALCANTE DE SOUZA

Orientador: ANTONIO NEREU CAVALCANTI FILHO, Me.

Objetivo da entrevista: caracterizar a edificação e os problemas patológicos nela apresentados.

Cargo ocupado pelo entrevistado:

Data da entrevista:

Nome do entrevistado

Caracterização da edificação:

- 1 Nome da edificação_____
- 2 Tipologia: () Residencial () Comercial () Industrial () Outros:
- 3 Idade aproximada da construção (anos)_____
- 4 Tipo de estrutura predominante:
() Estrutura de concreto armado convencional
() Estrutura de concreto armado com estrutura metálica
() Estrutura de concreto armado com laje pré-moldada
() Estrutura de concreto protendido
() Estrutura metálica
() Alvenaria estrutural
() Outro_____
- 5 Número e caracterização do (s) pavimento (s):
() Único _____
() Tipo _____
() Subsolo/garagem _____
() Térreo diferente do pvt. tipo _____
() Cobertura _____
() Presença de varanda _____
() Outro _____
- 6 Há plano de manutenção para a edificação? _____

7 Quando foi realizada a última manutenção e em qual local (estrutura) essa foi realizada?

8 Já houve intervenção de recuperação das estruturas da edificação anteriormente?

9 Se sim à pergunta anterior, qual a natureza da intervenção e quando essa ocorreu?

Caracterização das manifestações patológicas

1 Agressividade do ambiente conforme NBR 6118:2014 () Suave () Moderada () Forte

2 Cadastramento das manifestações patológicas

Check List da Inspeção de Campo			
ESTRUTURAS	() Concreto armado () Madeira () Metálica () Alv. Estrutural () Outros		
	Local	Foto nº	Observação
Fissuras			
Destacamento / desagregação / deslocamento			
Armadura exposta			
Corrosão aparente			
Peça estrutural com deformação excessiva			
Irregularidades geométricas, falhas de concretagem			
Eflorescência / lixiviação / infiltração			
Outro:			

FACHADA	☐ Pintura ☐ Cerâmico ☐ Outro		
	Local	Foto nº	Observação
Fissuras			
Destacamento / desagregação / descolamento			
Descascamentos / bolhas / enrugamento			
Eflorescência / manchas de mofo / bolor			
Falta ou deficiência nas juntas de trabalho e rejunte			
Outro:			

Capítulo 2



10.37423/230607883

INDÚSTRIA TÊXTIL E A SUA PRODUÇÃO DE RESÍDUO: REFLEXÕES E REVISÃO DE LITERATURA E ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Lisleandra Machado

Leonardo Amorim de Araújo

Carlos Arthur Alevato Leal

Arthur Assunção

Lucas Mendes Ferreira

Samuel Alves de Freitas

Lívia Meneguitte Ávila

Gustavo José Santiago Rosseti

Gabriela de Castro Almeida

Gabriel Luís da Conceição

IF SUDESTE MG - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do sudeste de Minas Gerais

IF SUDESTE MG - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do sudeste de Minas Gerais

IF SUDESTE MG - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do sudeste de Minas Gerais

IF SUDESTE MG - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do sudeste de Minas Gerais

IF SUDESTE MG - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do sudeste de Minas Gerais

IF SUDESTE MG - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do sudeste de Minas Gerais

IF SUDESTE MG - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do sudeste de Minas Gerais

IF SUDESTE MG - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do sudeste de Minas Gerais

IF SUDESTE MG - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do sudeste de Minas Gerais

IF SUDESTE MG - Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do sudeste de Minas Gerais

Resumo: Este estudo tem como objetivo abordar conteúdos sobre o resíduo gerado pelas indústrias têxteis. Os resíduos neste setor apresentam volumes os quais contém uma diversidade de compostos. Podemos mencionar fibras de tecidos, enzimas, e contaminantes diversos. Sendo assim, o efluente apresenta carga orgânica e uma quantidade significativa de sólidos. Uma adequada utilização em atividades agrícolas ou descarte em mananciais ou nascentes pode requerer a caracterização das principais propriedades e estudos de seu comportamento no solo e na planta. Outrossim, este trabalho faz um levantamento da literatura existente com análise bibliométrica referente ao desenvolvimento científico e acadêmico realizado sobre a indústria têxtil. Em relação aos procedimentos metodológicos, essa pesquisa é exploratória e descritiva, e utiliza o levantamento de informações por amostragem. Os principais resultados mostram a indústria têxtil destacada pelo ano de publicação, pela quantidade de artigos disponíveis sobre a temática, pela classificação dos periódicos e pelo tipo de pesquisa desenvolvida. A principal contribuição está na identificação das necessidades de ações de sustentabilidade ambiental no setor. Este artigo está vinculado a um projeto de pesquisa financiado pela FAPEMIG com mesmo nome, ainda em andamento.

Palavras-chave: Análise Bibliométrica, Destinação de Resíduos, Lodo têxtil, Meio Ambiente, Processos Industriais, Sustentabilidade.

INTRODUÇÃO

Em pesquisas realizadas em campo observou-se o destino do resíduo líquido (efluente) proveniente do tratamento do resíduo gerado pelas indústrias têxteis da Zona da Mata Mineira, notou-se que em algumas localidades tem ocorrido à deposição nas lavouras e rios da região, prática que pode acarretar em consequências danosas ao meio ambiente.

A nova Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), o estabelecimento de procedimentos sustentáveis para o uso do ambiente e a produção de mercadorias são os indicadores da gestão ambiental, e gerenciá-los considerando os impactos negativos é um dos desafios da engenharia de produção.

Neste contexto de abrangência, o gestor das indústrias têxteis deve ter um conhecimento multidisciplinar nas questões ambientais com o objetivo de minimizar ou eliminar os impactos decorrentes das práticas mal sucedidas em suas atividades produtivas.

Muitas são as metodologias gerenciais que almejam um modelo de produção sustentável. Existem na literatura vários pressupostos são apresentados com base no desenvolvimento ambiental, são eles: (i) Fabricação Ambientalmente Consciente, (ii) Ecologia Industrial, (iii) Produção mais Limpa, (iv) Prevenção da Poluição, (v) Produção Sustentável, (vi) Remanufatura Reversa, (vii) Fabricação Inversa, (viii) Produção Sustentável Competitiva, (ix) Controle de Resíduos. Estes são alguns termos utilizados nas investigações realizadas e que abordam o assunto em busca da sustentabilidade no processo produtivo.

Aplicações de novas metodologias ou tecnologias podem maximizar o processo de produção envolvendo as dimensões “ambiental, social e econômica”. Esta disseminação é de grande valia, pois possibilita que os profissionais de todas as áreas tenham a oportunidade de conhecer, avaliar e questionar problemas que eventualmente possam surgir sobre as questões estudadas e afins (BRANDÃO JUNIOR, 2013).

Neste caso, os artigos publicados nas mais diversas revistas existentes na área de avaliação da Engenharia III pelo portal da CAPES – Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior constituem o portfólio necessário ao desenvolvimento deste trabalho.

Nesse sentido, a realização de pesquisas sobre as publicações acadêmicas das indústrias têxteis se faz necessário para que se possam diagnosticar possibilidades de desenvolvimentos futuros, e este

trabalho indica essa aplicação, sejam por meio do processo produtivo, novas tecnologias inovadoras para o setor ou redução/eliminação dos desperdícios e de resíduos na natureza.

Portanto, a proposta desse trabalho é a de diagnosticar e analisar os trabalhos publicados, na tentativa de melhor compreender as necessidades mais emergentes.

A pesquisa é bibliométrica quanto ao levantamento dos dados quantitativos do reconhecimento científico, e qualitativa no que tange as publicações e aos veículos de divulgação.

Este trabalho foi estruturado obedecendo a seguinte forma: Após a introdução, na parte dois, apresenta o referencial teórico que discorre sobre dados atuais sobre o setor têxtil, sobre a técnica bibliométrica, sobre o lodo têxtil que é o resultado de uma série de tratamentos físicos, químicos e biológicos, para que o efluente final do tratamento apresente características determinadas pelos órgãos ambientais, para que possa ser lançado nos corpos d'água minimizando danos ao meio ambiente. No item três são demonstrados os procedimentos metodológicos seguido da quarta parte do artigo onde os dados demonstrados por meio de ilustração gráfica e tabelas. Por fim, as considerações finais incluem também a contribuição deste trabalho.

1 REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com o Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira (2014), o mercado têxtil mundial vem registrando crescimento constante, tanto no que se refere aos volumes produzidos quando ao seu comércio exterior. A produção mundial de artigos têxteis, medida pelo consumo industrial de fibras e filamentos, cresceu a uma taxa média anual de 4,2% nos últimos 10 anos, enquanto a população mundial aumentou a uma taxa média de 2% ao ano, o que representa um importante crescimento do consumo mundial per capita de produtos têxteis nesse período.

A produção mundial de têxteis, incluindo fios, filamentos, tecidos, malhas, artigos da linha lar, especialidades e confeccionados, foi de cerca de 80 milhões de toneladas no ano de 2012, calculada com base no consumo total de fibras e filamentos desse ano. Foi incluída nesse volume a produção de artigos de vestuário, estimada pelo IEMI – Instituto de Estudos e Marketing Industrial (2014) em 48 milhões de toneladas.

O lodo da indústria têxtil tem sido pesquisado utilizando vários métodos de floculação/coagulação e uma variedade de materiais tem sido utilizados neste processo, de acordo com ALI *et al.*, (2012) muitos materiais são utilizados neste processo, sulfato de alumínio, cloretos diversos, polietrólitos sintéticos e naturais, e outros materiais ricos em taninos, resíduos de petróleo, sedimentos, minerais, etc.

Após as etapas de tratamento empregados às águas residuárias, aumenta ainda mais o acúmulo do resíduo sólido gerado no processo industrial das indústrias têxteis. No Estado de Minas Gerais especificamente na Zona da Mata Mineira, Sul de Minas e Triângulo, anualmente, as indústrias têxteis produzem quantidades consideráveis de lodo, não tendo um destino definitivo para esse material. Por meio da análise de caracterização do resíduo, Almeida *et al.*, (2011), observou-se que o lodo têxtil possui uma grande quantidade de elementos, como por exemplo, o alumínio, o ferro, o manganês e o sódio.

A legislação que trata questões relacionadas a controle de resíduos está intrinsecamente relacionada com os impactos deste lodo têxtil no meio ambiente (Lei 12.305/10 - PNRS).

Fatores como conscientização ecológica dos consumidores, pressões legais, desenvolvimento sustentável e ciclo de vida útil dos produtos cada vez mais reduzidos são exemplos de como se faz necessário desenvolver a gestão ambiental nas empresas que, mesmo adicionando-se custos em algumas situações, podem transformar em vantagem competitiva (MACHADO, 2014).

Passou-se a cobrar um maior envolvimento das empresas com as questões referentes ao meio ambiente e a sociedade por meio da aplicação da responsabilidade socioambiental na prática dos negócios. Assim, esse movimento em direção a práticas de negócios mais sustentáveis busca a preservação dos recursos naturais e a utilização da imagem pública da organização como uma vantagem competitiva (DESPEISSE, 2012).

Assim, podem-se definir as práticas verdes, na Manufatura Verde (MV), como um conjunto de técnicas que venham a limitar ou reduzir os impactos negativos potenciais em função do sistema de produção e consumo de produtos e serviços sobre o meio ambiente, buscando melhorar o desempenho ambiental organizacional (RAO, 2005).

Segundo Klassen e Whybark (1999) existem dois tipos de práticas ambientais, em um sistema de produção, voltadas a poluição: tecnologias que busquem a prevenção da poluição e tecnologias que busquem o seu controle. A primeira envolve todas as atividades que alteram a estrutura do processo de fabricação visando adotar recursos renováveis, ou melhor, adequados, em relação aos seus impactos no meio ambiente natural. A segunda envolve todos os equipamentos que busquem a identificação, captura e controle das emissões causadas pelo processo de produção, sem qualquer intervenção estrutural.

Conforme Zhou *et al.* (2012) a MV tem sido reconhecida mundialmente como uma estratégia fundamental para o desenvolvimento sustentável. Segundo o mesmo autor, o conceito incorpora os princípios de proteção ambiental e conservação de energia em atividades de produção e serviços para reduzir o desperdício industrial, economia dos recursos naturais e dos recursos escassos, assim como a minimização das contaminações ao meio ambiente natural, enquanto se realiza a economia de produção.

Conforme Thoumy e Vachon (2012), vários estudos têm ligado empiricamente o desempenho organizacional para a gestão ambiental e as atividades ecológicas que reduzem a poluição na fonte, também conhecidas como atividades de prevenção da poluição e do desperdício.

Lee e Lam (2012) contribuíram nesse sentido abordando que a sustentabilidade deve ser considerada como a combinação de fatores ambientais, econômicos e sociais fornecendo uma definição abrangente do conceito cunhado por Jonh Elkington, definindo como Triple Bottom Line (TBL), que consiste, sinteticamente, na prosperidade econômica, aliada a qualidade ambiental e a justiça social.

Assim, a operação do negócio deve causar um dano mínimo ao ambiente e se sustentar com a integração de critérios ambientais, sociais e econômicos. Deste modo, em relação ao desempenho corporativo perante esses pilares, a empresa precisa do retorno financeiro, mas tem que se atentar para a relação dos *stakeholders* com o meio ambiente. Deste modo, deve-se buscar manter um justo equilíbrio entre estes três aspectos, para que a organização possa ser sustentável em longo prazo.

No intuito de contextualizar, o presente artigo utiliza-se das técnicas da bibliometria para avaliar a produção científica com foco indústria têxtil e assim verificar os estudos e as aplicações dos resíduos industriais que tem sido hoje o foco de muitas instituições de pesquisa, bem como de interesse generalizado por todos os seguimentos geradores, pois a gestão dos mesmos, quando somados possui custos não desprezíveis, ocupações de espaços crescentes e obrigações com a legislação ambiental.

Vale ressaltar que a bibliometria surgiu no início do século XX como uma ferramenta para acompanhar o crescimento e desenvolvimento das diferentes áreas da ciência. Esse surgimento deu-se em função da percepção, por parte dos cientistas, em relação à quantidade de conhecimento científico gerado na época, que ultrapassava a capacidade de leitura (ROISTANG, 1996 *apud* BANDÃO JUNIOR, PROJETI, NEVES, 2013).

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos deste trabalho é caracterizado como exploratório e descritivo. Quanto ao delineamento, recorre-se à pesquisa bibliográfica e ao levantamento por amostragem, utilizando recursos tecnológicos de busca como instrumento para executar a pesquisa (GIL, 2008), neste caso, as bases de dados do Portal de Periódicos da CAPES – Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Uma vez determinada a área de conhecimento foram definidas as palavras chave que foram utilizadas na busca das referências e levantamento dos dados. Com vistas a uma pesquisa cuja linha seja as atividades da indústria têxtil, foram definidas as palavras chave “*textile industry*” e levantaram-se, inicialmente, todos os trabalhos disponíveis nas bases de dados do Portal.

Na sequência, para o levantamento e análise realizada neste estudo, foram feitas as seguintes etapas: i) Identificação dos periódicos internacionais disponíveis, ii) seleção dos periódicos revisados por pares, iii) Definição da área de estudo (Engenharia III) e o refinamento das palavras chaves por meio da definição dos termos, ou seja, elencou-se os termos pesquisados para aproximar os conteúdos dos artigos ao tema principal a ser desenvolvido, iv) Seleção das bases de dados a ser trabalhada, v) O recurso utilizado e o foco dado ao tipo de documento aplicado, vi) A temporalidade da produção dos artigos e, finalmente vii) Os *journals* e suas respectivas classificações dentro do portal que estavam participando na produção dos artigos.

Após a aplicação de todos os filtros, pesquisaram-se os trabalhos com maior profundidade, ou seja, após essas etapas iniciais de definição do banco de dados de artigos para a bibliometria, aprofundou-se o conhecimento por meio da leitura dos artigos selecionados.

Desta forma, realizou-se a leitura dos títulos, palavras chaves, o resumo, a metodologia e foi feita a tabulação para a avaliação de suas características, seus objetivos, os aspectos relevantes e a contribuição dos artigos para o conhecimento científico, os resultados encontrados estão apresentados e discutidos a seguir.

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Esta pesquisa partiu de dados gerados no processo de consulta ao Portal de Periódicos da Capes e o primeiro dado a ser computado foi o número total de artigos internacionais disponíveis na base que estão detalhados na Figura 1.



Figura 1 – Números de artigos publicados no período

Fonte: Elaborado pela autora

Observa-se que, utilizando as palavras chaves: *textile+industry* encontrou-se 110.109 artigos disponíveis, sendo que desses artigos, os revisados por pares totalizaram 27.788 unidades, e essa foi à base inicial trabalhada.

Em seguida, foram selecionados os periódicos e aplicados os filtros para os trabalhos dentro da área da Engenharia III que possuem publicações sobre o tema em estudo que está representado pela Figura 2.

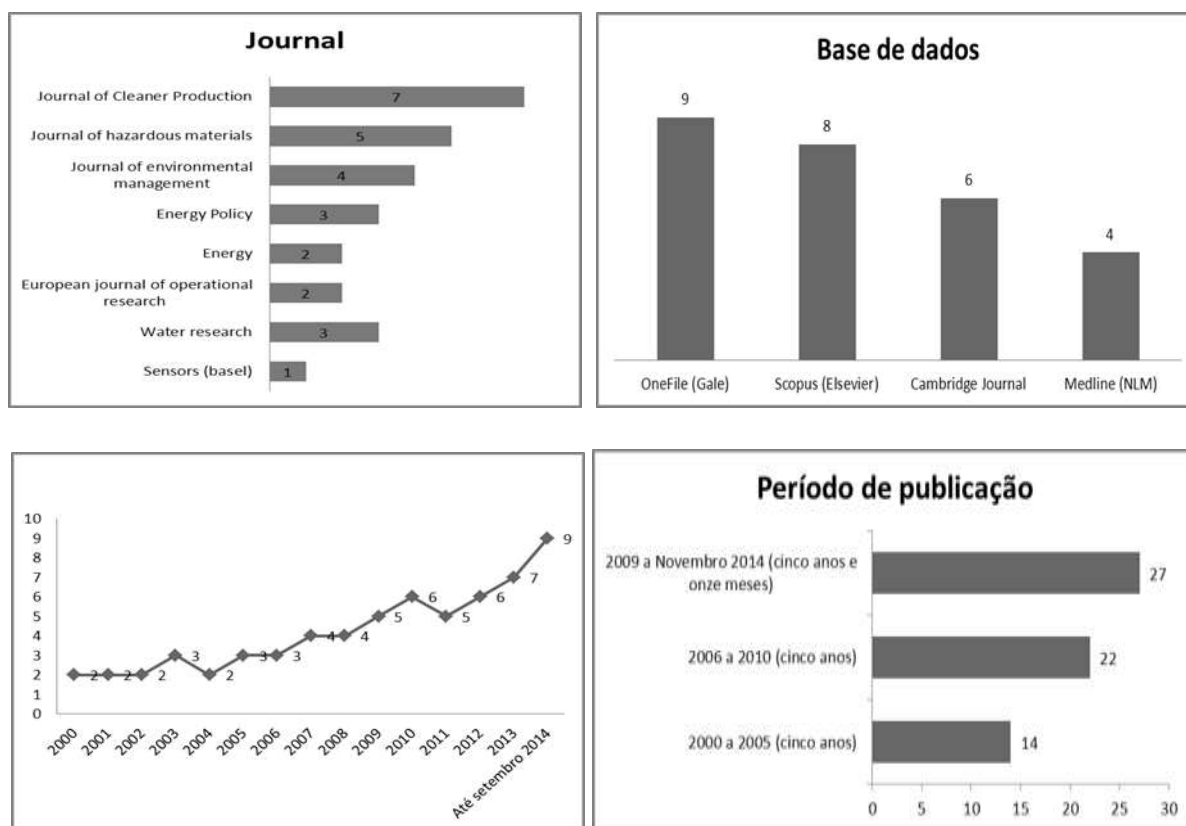


Figura 2 – Refinamento das publicações ao tema principal em estudo

Fonte: Elaborado pela autora

Percebeu-se que grande parte dos periódicos não tem classificação na área de Engenharias III, mas em outras áreas, tais como: ciência da computação, ciências biológicas I, agrárias, administração, ciências contábeis e turismo, interdisciplinar, medicina, psicologia, biologia II, entre outras.

Após a aplicação dos filtros para aproximar os artigos ao tema principal do estudo, verificou-se que o *“Journal of Cleaner Production”* (Classificado como A2 na Engenharia III) possui 07 trabalhos, ou seja, foram 26% das publicações encontradas, e o *“Journal of hazardous materials”* possui 05 publicações com 19% de participação, seguido pelo *“Journal of environmental management”* com 15%.

No entanto, destaca-se também a participação dos *journals* (periódicos internacionais), *“Energy Policy, Energy, Water research, European Journal of operational research e Sensors (basel)”*, que juntos somam 11 publicações e 37% de participação, mostrando a diversidade de periódicos que possuem trabalhos relacionados com o tema em estudo.

Foi feita uma tabulação com o objetivo de conhecer as coleções que estavam participando na produção dos artigos. Observa-se que a maior ocorrência de publicações aparece principalmente na base *OneFile (Gale)* com 09 publicações, seguida da base o *Scopus (Elsevier)* com 08 publicações, *Cambridge Journal* com 06 e a *Medline* com 04 publicações.

Outro dado apresentado e que contribuiu para a seleção dos artigos foi à data de publicação. Destaca-se que o posicionamento temporal considerou apenas as publicações nas revistas citadas partindo dos anos de 2009 até os dias atuais, leia-se novembro de 2014, mais precisamente até 18 de novembro de 2014. Assim, tem-se que 27 artigos foram publicados no período.

Nota-se que, de acordo com os parâmetros de seleção, o número de publicações é crescente, sendo possível observar que até os dias atuais essa participação vem ganhando importância. No ano de 2000 encontram-se, após os filtros, duas publicações na área, em 2010 cinco publicações e até junho de 2014 um total de nove, o que evidencia um crescimento constante no número de publicações nas revistas selecionadas e, consequentemente, do interesse da comunidade científica.

Também foi feita uma tabulação com o objetivo de visualizar os idiomas em que os artigos internacionais foram escritos. Observa-se que a quantidade de publicações em inglês é unânime comparada as publicações em outros idiomas, especialmente o português.

O tipo preponderante de documento trabalhado foi com o formato de artigos, excluíram-se das análises finais todos os outros tipos de documentos, tais como: resenhas, recursos textuais, atas de congressos e artigos de jornal.

Na sequência, pôde-se identificar o método de pesquisa adotado pelos autores e está apresentado na Figura 3.



Figura 3 – Método de pesquisa

Fonte: Elaborado pela autora

São nove as pesquisas encontradas por meio de revisão bibliográfica, seis estudos de caso, cinco pesquisa experimental, quatro *survey* e, finalmente, três trabalhos de pesquisa-ação.

Outra informação analisada, subsequentemente, apresentada na Figura 4, foi o estrato *Qualis-Capes* de todos os periódicos.

Encontrou-se 16 periódicos com classificação A1 e 10 periódicos A2. Ainda foi percebido que um periódico tem classificação B1 e que não se encontrou periódico abaixo dessa classe, ou seja, não temos qualificação B2, B3, B4 e B5 e assim por diante apontados nesta pesquisa.

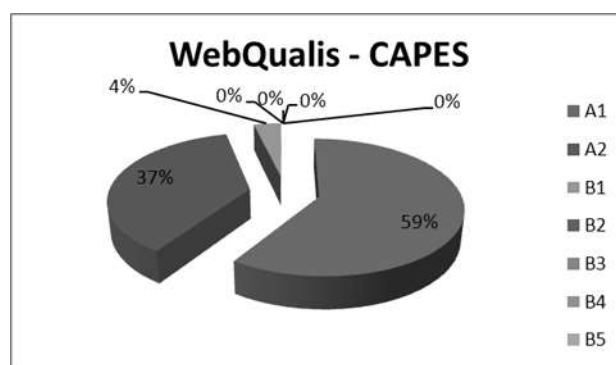


Figura 4 – Qualificação dos periódicos na Engenharia III

Fonte: Elaborado pela autora

Para a organização deste trabalho foi necessário colocar todo o material encontrado, vale dizer desde o início da pesquisa, em uma única base organizada na qual se puderam ler todos os seus títulos, resumos, palavras chave, suas metodologias de pesquisa e conclusões, assim, pôde-se conhecer os seus objetivos, aspectos relevantes e suas contribuições. A Tabela 1 apresenta o título das publicações dos autores.

Tabela 1 - Ano, título e objetivos de publicação das obras dos autores.

Autor	Título	Objetivo
Kuştepe, Y. ; Gülcan, Y. ; Akgüngör, S.	The innovativeness of the Turkish textile industry within similar knowledge bases across different regional innovation systems	Como ter acesso a novos conhecimentos. Por meio de redes, os indivíduos e as organizações podem tomar-se consciente das novas tecnologias e informação
Hong, G.-B. ; Su, T.-L. ; Lee, J.-D. ; Hsu, T.-C. ; Chen, H.-W.	Energy conservation potential in Taiwanese textile industry	Identificar o potencial de conservação de energia na indústria têxtil
Kučera, Rudolf	Marginalizing Josefin: Work, Gender, and Protest in Bohemia	O objetivo é apresentar sensores miniaturizados de temperatura flexíveis para aplicações nas indústrias têxteis.
Rosenberg, Beth	Interface Carpet and Fabric Company's sustainability efforts: what the company does, the crucial role of employees, and the limits of this approach	Identificar os esforços de sustentabilidade da Companhia Tecido visando a participação dos funcionários
Hasanbeigi, A. ; Abdorazaghi, M.	Comparison analysis of energy intensity for five major sub-sectors of the Textile Industry in Iran	A energia é um dos principais fatores de custo na indústria têxtil. Portanto, deve-se conhecer os equipamentos que possuem maior consumo
Khlifi, R. ; Belbahri, L. ; Woodward, S. ; Ellouz, M. ; Dhoub, A. ; Sayadi, S. ; Mechichi, T.	Decolourization and detoxification of textile industry wastewater by the laccase-mediator system	Descoloração e destoxificação de um efluente na indústria têxtil por lacas foi investigada.

Fonte: Elaborado pelos autores

A partir da análise dos artigos filtrados, encontram-se algumas informações a respeito da temática dos mesmos na estrutura dos títulos e dos objetivos quanto à presença do tema de pesquisa, ou seja, em relação à temática dos artigos tem-se que 100% estavam relacionados com a área têxtil, 12% com o consumo de energia e 4% com o meio ambiente. Os demais artigos relacionavam áreas correlatas, mas diretamente na relação tecnológica e de recursos humanos.

Em relação aos títulos dos trabalhos, ambas as palavras “*Industry e Textile*” estiveram presentes em 70% dos títulos dos artigos.

Na Tabela 2 são apresentados os aspectos relevantes e a contribuição dessas obras.

Tabela 2 - Aspectos relevantes e contribuição das obras

Autor	Aspecto Relevante	Contribuição
Kuştepelî, Y. ; Gülcan, Y. ; Akgüngör, S.	Processos de inovação requerem atividades específicas da política de inovação	A contribuição está em comparar a capacidade de inovação das indústrias têxteis com bases em conhecimentos semelhantes
Hong, G.-B. ; Su, T.-L. ; Lee, J.-D. ; Hsu, T.-C. ; Chen, H.-W.	Este trabalho resume as poupanças energéticas implementadas por 303 empresas na indústria têxtil	O estudo resume as medidas de poupança de energia para os consumidores e identifica as áreas dentro da indústria têxtil para fazer economia de energia para fornecer uma linha de base a eficiência energética.
Kučera, Rudolf	Sensores de temperatura flexíveis, que operam na 30 a 42 ° C de temperatura foram projetados e testados.	Com base na tecnologia apresentada uma série de sensores de temperatura miniaturizados em fios individuais foram fabricados. Esses sensores podem ser facilmente integrados em roupas interiores textronic devido às suas pequenas dimensões e boa flexibilidade.
Rosenberg, Beth	Destaca-se a importância dos benefícios da participação dos trabalhadores, a percepção dos empregados e de suas experiências, e seus limites na realização do objetivo de sustentabilidade.	Tornar um negócio ambientalmente sustentável por meio das práticas sustentáveis eliminando desperdícios e resíduos, economizando energia.
Hasanbeigi, A. ; Abdorazaghi, M.	Mostrou que os esforços de poupança de energia deve ser focada em sistemas movidos a motor.	Este trabalho contribui para a compreensão do uso de energia na indústria têxtil.
Khelifi, R. ; Belbahri, L. ; Woodward, S. ; Ellouz, M. ; Dhouib, A. ; Sayadi, S. ; Mechichi, T.	Efluentes produzidos por indústrias têxteis são muitas vezes fortemente coloridas e sua disposição em águas receptoras causa danos ambientais, incluindo impactos significativos sobre a atividade fotossintética das plantas aquáticas.	A lacase por si só não era capaz de proceder à remoção do efluente forma eficiente, mesmo na concentração de enzima mais elevada

Fonte: Elaborado pelos autores

As contribuições apresentadas permitem o apontamento de possíveis lacunas dentro das análises realizadas, assim como algumas áreas em que esta temática está sendo bem trabalhada.

Como linhas de tendências têm-se: a aplicação de novas tecnologias, e a importância do envolvimento dos trabalhadores, pois suas experiências e percepções podem contribuir para a sustentabilidade e ao meio ambiente, principalmente em relação à redução do consumo e de desperdícios de energia por parte da indústria têxtil.

Entretanto, encontraram-se algumas áreas em que essa relação não esta bem definida, como os efluentes produzidos e não suficientemente tratados direcionados aos mananciais e lavouras causando impactos negativos sobre as plantas aquáticas.

Portanto, é possível destacar a contribuição dos autores citados nesse artigo, em relação à abordagem da sustentabilidade e meio ambiente, principalmente no último período pesquisado, que apresentam informações relevantes sobre a interação dos conceitos estudados e a sinergia com os funcionários que pode ser construída a partir dessas relações.

Os estudos de uma maneira geral, apontam que projetos de inovação e a participação dos trabalhadores é um caminho de sucesso para as empresas, agregando valor ao produto pela redução do desperdício de recursos inerentes ao processo de produção, redução na poluição e na relação da empresa com os demais *stakeholders*.

Neste trabalho, encontrou-se uma alternativa para pensar gestão ambiental a partir da sistemática de produção em indústrias têxteis, produzindo resíduos mais limpos, por meio inovação tecnológica e substituição de insumos, eliminação/redução de desperdícios e participação dos funcionários.

Espera-se obter com sucesso a criação deste modelo para as indústrias têxteis, proporcionando informações para a aplicabilidade, contribuindo para academia e alavancando o conhecimento em gestão estratégica de produção. Almeja-se também a compreensão do comportamento do sistema de produção na redução deste resíduo.

Por outro lado, a adequação segundo práticas ambientalmente tidas como corretas, como é a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos, não apenas modifica a imagem das empresas do segmento têxtil, como também leva a resultados econômicos favoráveis. Além disso, podem reduzir os riscos de aumento dos passivos ambientais, bem como a de ficarem sujeitas a situações qualificadas como crimes ambientais.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em linhas gerais, observou-se na literatura citada por este artigo, que nos últimos cinco anos tem havido um interesse crescente em relação às práticas sustentáveis das empresas. Conceitos de cidadania corporativa, responsabilidade social corporativa e gestão ambiental rapidamente ganharam popularidade pelos *stakeholders* (consumidores, clientes, acionistas, colaboradores, governos, etc).

Porém, ainda existe uma lacuna a ser discutido entre a produção, o desempenho ambiental das indústrias têxteis, o uso de indicadores ambientais e os resíduos têxteis gerados. Levantou-se a necessidade de estudos onde se coloca a economia e a minimização de desperdícios e descartes de resíduos em foco.

Esse trabalho diagnosticou e analisou as publicações disponíveis no portal da CAPES, na busca de melhor compreender as necessidades emergentes das indústrias têxteis, por meio da evidência do resíduo sólido gerado em razão da falta da adoção de processos de produção amigáveis ao meio ambiente.

Considerou-se que a aplicação deste resíduo no solo, utilizado como adubo para as plantas, ou pelos descartes em mananciais, requerem mais conhecimentos de suas características, tendo a necessidade de mais estudos conclusivos sobre a nocividade deste material quando depositado em culturas agrícolas, e este trabalho bibliométrico indica essa aplicação.

O conhecimento das características dos resíduos, bem como as mudanças no processo produtivo poderá diminuir a carga de elementos que alteram o pH do solo cultivável e da água dos rios e nascentes.

Portanto, tanto os procedimentos de gestão da produção, quanto os procedimentos de tratamento dos resíduos, serão objetos para amenizar os impactos deste descarte, para isso, se faz necessário à realização de mudanças no processo produtivo, análises das operações e avaliações do resíduo descartado no solo e nos rios, obedecendo a nova política nacional de resíduos sólidos.

O objetivo a que se propôs o artigo foi alcançado, pois foram levantadas informações e foi traçado um panorama analítico da produção científica sobre a indústria têxtil em um conjunto de periódicos pesquisados no Portal CAPES.

Os resultados encontrados mostram que o tema está em ascensão internacionalmente e é uma metodologia mencionada nos principais periódicos. A produção científica em torno do tema não é predominantemente feita por uma única revista ou por uma única temática abordada.

Esta pesquisa apresentou oportunidades de melhoria, em especial, voltados à inovação tecnológica, à redução do consumo de energia por meio dos equipamentos e de participação do pessoal (colaboradores das organizações), sendo estes os de maior oportunidade de implementação de melhoria.

Portanto, a contribuição dessa pesquisa está no apontamento das oportunidades referente à continuidade dos trabalhos de pesquisas científicas e de desenvolvimento dos processos de gestão, da minimização do consumo de energia evidenciado pelo desperdício dos equipamentos e da análise do descarte dos sólidos, gerados pelos efluentes, nos rios e na agricultura pela indústria têxtil.

Um fator de extrema importância que deve ser considerado e para a contribuição deste artigo é, sob a ótica de Batistoni (2009), o setor têxtil tem sido pesquisado a partir dos mais importantes pólos e centros industriais, como por exemplo, a região de Americana (SP) e de Santa Catarina, impondo-se a necessidade de investigações de outras regiões, como Minas Gerais e suas divisões regionais, como é o caso da região da Zona da Mata.

5. REFERÊNCIAS

- ALI, I.; ASIM, M.; KHAN, T. A. Low cost adsorbents for the removal of organic pollutants from wastewater, *Journal of Environmental Management*, 113, 170-183, 2012.
- ALMEIDA, P. H. S.; TAVARES, C. R. G.; KAMINATA, O. T.; FRANCO, J. M. Estudo sobre solidificação/estabilização de lodo de lavanderias industriais para fabricação de blocos cerâmicos acústicos (Ressoadores de Helmholtz), *Anais Eletrônico, VII EPCC – Encontro Internacional de Produção Científica Cesumar. CESUMAR – Centro Universitário de Maringá, Editora CESUMAR, Maringá – Paraná, Brasil, 2011.*
- BATISTONI, M. R., YACOB, L. B. D., SIRELLI, P., MORAES, J. F. R., MACHADO, J. S., MARQUES, N. Relações de trabalho na indústria de malharia de meias de Juiz de Fora/MG. XIX Seminario Latinoamericano de Escuelas de Trabajo Social. El Trabajo Social en la coyuntura latinoamericana: desafíos para su formación, articulación y acción profesional. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 4-8 de octubre 2009.
- BRANDÃO JUNIOR, J. A., PROJETTI C. B., NEVES J. M. S. Estudo bibliométrico da metodologia ativa “PeerInstruction” de 2003 a 2013 – VIII Workshop de pós-graduação e pesquisa do Centro Paula Souza – São Paulo, 2013.
- DESPEISSE, M. Industrial ecology at factory level – a conceptual model, *Journal of Cleaner Production*. - DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.02.027, 2012.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. São Paulo:Atlas, 2008
- HASANBEIGI, A.; HASANABADI, A.; ABDORRAZAGHI, M. Comparison analysis of energy intensity for five major sub-sectors of the Textile Industry in Iran. *Journal of Cleaner Production*, Vol.23(1), pp.186-194, March 2012.
- HONG, G.-B. ; SU, T.-L. ; LEE, J.-D. ; HSU, T.-C. ; CHEN, H.-W. Energy conservation potential in Taiwanese textile industry. *Energy Policy*, Vol.38(11), pp.7048-7053, November 2010.
- IEMI – Relatório Setorial da Indústria Têxtil Brasileira – Brasil Têxtil – v. 14 – nº 14 – agosto/2014 – p. 1-186 - São paulo - BR
- KLASSEN, R. D.; WHYBARK, C. D. The impact of environmental technologies on manufacturing performance. *Acad. Gerenciar. J.*, 42, 599 – 615, 1999.
- Kučera, Rudolf. Marginalizing Josefina: Work, Gender, and Protest in Bohemia 1820–1844. *Journal of Social History*, Vol. 46(2), pp.430-448, 2012.
- KUŞTEPELI, Y. ; GÜLCAN, Y. ; AKGÜNGÖR, S. The innovativeness of the Turkish textile industry within similar knowledge bases across different regional innovation systems. *European Urban and Regional Studies*, Vol.20(2), pp.227-242, April 2013.
- LEE C. K. M; LAM J. S. L.. Managing reverse logistics to enhance sustainability of industrial marketing. *Industrial Marketing Management*, Vol.41(4), pp.589-598, 2012.

LEI 12.305/2010 – Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em 10 de janeiro de 2015.

MACHADO, L. análise da logística reversa a luz da lei nº 12.305 de agosto de 2010 - política nacional de resíduos sólidos aplicados a indústria têxtil e de confecção brasileira em prol da sustentabilidade. Ingeniería 2014. Buenos Aires – Argentina – 2014.

RAO, P. The greening of suppliers – in the South East Asian context. Journal of Cleaner Production, Volume 13, Issue 9, 935-945.- DOI: 10.1016/j.jclepro.2004.04.010, 2005.

ROSENBERG, B. Interface Carpet and Fabric Company's sustainability efforts: what the company does, the crucial role of employees, and the limits of this approach. Journal of public health policy, Vol.30(4), pp.427-38, 2009.

ROSTAING H. La bibliométrie et ses techniques. Colletion “Outils et methods”, co-édition sciences de la société et CRRM – Centre de Recherche Retróspective de Marseille. Marseille, 1996.

THOUMY, M ; VACHON, S. Environmental projects and financial performance: Exploring the impact of project characteristics. International Journal Of Production Economics, Vol.140(1), pp.28-34 - DOI: 10.1016/j.ijpe.2013.12.010, 2012.

ZHOU, M.; PAN, Y.; CHEN, Z.; YANG, W.; LI, B. Selection and evaluation of green production strategies: analytic and simulation models. Journal of Cleaner Production, Vol.26, pp.9-17 - DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.12.014, 2012.

Capítulo 3



10.37423/230607884

PROPOSTA DE UMA MODELAGEM UTILIZANDO PRV PARA OTIMIZAÇÃO DO ROTEAMENTO DA COLETA SELETIVA EM MOSSORÓ - RN

Vanessa Elionara Souza Ferreira Oliveira

Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Antônia Claudenice Pinheiro de Almeida Paiva

Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Monaliza Ferreira Rodrigues de Paula

Universidade Federal Rural do Semi-Árido

Cristiane de Mesquita Tabosa

Universidade Federal Rural do Semi-Árido



1. INTRODUÇÃO

O avanço da globalização tem trazido inquestionáveis benefícios para a sociedade, entretanto como toda revolução, a comunidade não ficou ileso dos efeitos colaterais causados por tal “evolução”.

A cada dia o consumismo exacerbado de produtos industrializados, ocasionado também pelo avanço das tecnologias, juntamente como o acelerado crescimento urbano das cidades vêm contribuindo diretamente para o aumento da produção de resíduos. Diante de tal cenário, nota-se que o aumento da produção de lixo é algo inevitável, e paradoxalmente, o planeta não tem condições de suportar a pressão imposta sobre seus recursos. A coleta seletiva, juntamente com a reciclagem, surge então, como uma maneira de ajudar o meio ambiente a sustentar suas riquezas naturais.

Trazendo para o contexto nacional, o Brasil apresenta-se como um país que ainda tem carência de coleta seletiva de lixo, pois conforme o IBGE (2012), dos 5.565 municípios brasileiros, apenas 32,3% tem coleta seletiva de lixo, sendo assim, 42,7% das cidades do Brasil não possuem qualquer atividade de coleta seletiva de lixo, e em 3,3% das prefeituras, há projeto-piloto apenas em uma área restrita da cidade, enquanto 2,5% municípios informam que tiveram ações de coleta seletiva, mas elas foram interrompidas.

Segundo a PNSB - IBGE (2008, apud Ferreira et al., 2012), “50,8% dos municípios brasileiros destinam seus resíduos em lixões, 22,5% em aterro controlado e 27,7% em aterros sanitários”. Para Polaz e Teixeira (2009, apud Ferreira et al., 2012) a expansão e o adensamento dos aglomerados urbanos aumenta o problema, uma vez que a infraestrutura sanitária da maioria das cidades brasileiras não acompanha o ritmo acelerado desse crescimento.

Percebendo a importância da coleta seletiva, a logística surge como um meio de contribuir para que o processo de coletar lixo torne-se menos dispendioso no que se refere a tempo e custo. O problema de Roteamento de Veículos (PRV) resulta em uma ferramenta logística capaz de facilitar o caminho percorrido pelos veículos, de modo atender todas as demandas ao menor custo possível.

O referido trabalho trata, portanto, de uma proposta de modelagem para otimizar o roteamento da coleta seletiva para a cidade de Mossoró, de modo que os veículos (caminhões de coleta) atendam todas as demandas (visitem todos os bairros propostos) de maneira a minimizar as distâncias percorridas. Deste modo, a facilidade de roteamento torna a coleta seletiva mais atrativa para as companhias destinadas para esse fim.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. COLETA SELETIVA

A coleta seletiva tem um papel importante na sociedade quando se trata da preservação do meio ambiente, pois através dela matérias-primas consideradas inúteis são colhidas para posteriormente serem aproveitadas.

Antes de conceituar coleta seletiva, faz-se necessário formular a ideia de que se tem de lixo. A NBR 10004/1987 (2004, apud Cavalcanti et al., 2012) define lixo da seguinte maneira:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade de origem: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Consideram-se também resíduos sólidos os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpo d'água, ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. A NBR 10004/1987 (2004, apud CAVALCANTI et al., 2012).

Coleta seletiva, conforme a Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo (2012), consiste em um sistema de recolhimento de materiais recicláveis (podendo ser papéis, plásticos, vidros, metais e orgânicos) os quais são previamente separados no local em que foi gerado e que podem ser reutilizados ou reciclados. Girade et al (2012) corrobora afirmando que coleta seletiva é o “processo que consiste na separação de materiais recicláveis, como plásticos, vidros, papéis, metais e outros”.

De acordo com Basen (2006, apud Girade et al, 2012), as primeiras iniciativas de se coletar o “lixo” no Brasil aconteceram em 1986, porém só em 1990 administrações municipais estabeleceram parcerias com catadores organizados em associações e cooperativas para a gestão e execução dos programas de coleta.

A Secretaria do Meio Ambiente de São Paulo (2012) também sustenta que a coleta seletiva funciona como um processo de educação ambiental na medida em que sensibiliza a comunidade sobre os problemas do desperdício de recursos naturais e da poluição causada pelo lixo. Dentre muitas vantagens desse tipo de serviço, destacam-se:

- Diminui a exploração de recursos naturais;
- Reduz o consumo de energia;

- Diminui a poluição do solo, da água e do ar;
- Prolonga a vida útil dos aterros sanitários;
- Possibilita a reciclagem de materiais que iriam para o lixo;
- Diminui os custos da produção, com o aproveitamento de recicláveis pelas indústrias;
- Diminui o desperdício;
- Diminui os gastos com a limpeza urbana;
- Cria oportunidade de fortalecer organizações comunitárias;
- Gera emprego e renda pela comercialização dos recicláveis.

Singer (2002, apud Girade, 2012) também traz como vantagem da coleta seletiva a contribuição para a sustentabilidade urbana, geração de renda para os setores mais carentes e que não têm acesso aos mercados de trabalho formais.

2.2. PROBLEMA DE ROTEAMENTO DE VEÍCULO (PRV)

Quando questionada a função da logística, pensa-se primeiramente em transportar rapidamente algum produto. Martel e Vieira (2010) trazem o conceito de logística definido da seguinte forma:

A missão do sistema logístico não consiste apenas em garantir que os produtos comprados, fabricados, distribuídos e vendidos estejam disponíveis no lugar certo, no momento exato, na quantidade correta, com a devida qualidade e pelo melhor custo possível. É preciso enxergá-lo como uma arma ofensiva indispensável para obter vitórias no cenário da concorrência industrial. Portanto, sua missão consiste em criar valor e ajudar a empresa a desenvolver vantagem sustentável perante a concorrência. (MARTEL E VIEIRA, 2010).

Tendo em mente a importância da logística, fica mais fácil para compreender a importância das ferramentas de logística. O Problema de Roteamento de Veículos é uma ferramenta logística que atua nos sistemas de roteamento, ajudando a minimizar caminhos percorridos, seja pelo produto e/ou pelo transportador.

Goldbarg e Luana (2000, apud Tabosa, 2014) afirma que sistemas de roteamento é o conjunto organizado de meios com o objetivo de atender pontos de demanda localizados em arcos ou vértices de alguma rede de transportes. O PRV tem como objetivo definir rotas entre o depósito e um determinado conjunto de clientes, minimizando o custo de transporte, e respeitando algumas restrições básicas: cada cliente só pode ser visitado uma única vez e por apenas um veículo; cada rota é iniciada e finalizada no depósito; em nenhum momento a capacidade do veículo pode ser ultrapassada e a demanda de todos os clientes tem de ser atendidas. (LIMA et al, 2012).

2.3. XPRESS

Existe um grande número de problemas que são analisados constantemente, de natureza, contexto e complexibilidade distintas, diante disso fica praticamente impossível alcançar uma solução satisfatória sem auxílio de alguma ferramenta computacional. Uma das possíveis soluções para resolução de problemas complexos seria a utilização do software Xpress-MP, para modelagem das variáveis.

O Xpress-MP é uma ferramenta computacional de modelagem matemática, pois apresenta comandos que auxiliam tanto a declaração como a manipulação de um modelo matemático (variáveis e restrições), e pode ser vista como uma linguagem de programação por possuir comandos para controle (loops e seleção) que possibilita a codificação de algoritmos e manipulação de sistemas de resolução.(RANGEL, 2006)

Conforme Rangel (2006) o Xpress-MP é uma “linguagem ‘procedural’ e não declarativa, isto é os comandos são compilados ao invés de interpretados.”

3. MÉTODOS DE PESQUISA

3.1. CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

Mossoró, cidade onde se deu o referido estudo localiza-se a aproximadamente 280 km da capital do Rio Grande do Norte e tem sua população estimada em 280.314 habitantes (dados do IBGE). Porém, o Censo de 2010 apontava que a população do município era de 259.815, enquanto que a projeção de 2012 era de 266.758 habitantes. Tais dados mostram o rápido crescimento populacional da cidade, e consequentemente, acelerado aumento de “lixo”.

De acordo com Cavalcanti et al (2011), em Mossoró a maior parte dos resíduos domiciliares destinam-se ao aterro sanitário, uma das formas de destino final mais adequado, baseado em critérios e normas específicas que possibilitam uma confinção segura.

O serviço de coleta seletiva é abastecido por 2 associações, a Associação Comunitária Reciclando para a Vida (ACREVI) e a Associação dos Catadores de Material Reciclável de Mossoró (ASCAMAREM).

A ACREVI, criada em 1999, no conjunto habitacional Nova Vida, surgiu por iniciativa de uma das pioneiras no trabalho com a coleta seletiva em Mossoró, atual presidente da associação. Sozinha, ela pôs em prática a ideia da coleta seletiva no bairro onde morava, que na época era o Parque das Rosas. Aos poucos, outras pessoas foram se incorporando e a associação conta hoje com cerca de quarenta colaboradores, a maioria mulheres.

Já a ASCAMAREM, fundada em 2005, surge diferentemente da ACREVI, os associados trabalhavam diretamente no “lixão das cajazeiras”, em Mossoró. Anos depois, com a desativação do “lixão”, os catadores resolveram participar do programa da coleta seletiva em parceria com a prefeitura da cidade.

Essas duas associações dividem seus trabalhos, isto é, cada uma responsabiliza-se por uma parte da cidade. A ACREVI assiste o lado Leste e a ASCAMAREM assiste o lado Oeste. A modelagem de otimização proposta pelo trabalho se detém apenas para o roteamento do lado Leste, isto é, atendendo apenas a associação ACREVI.

3.2. MODELAGEM MATEMÁTICA

O problema proposto consiste na construção de uma modelagem matemática com o propósito de melhorar a rota a ser seguida pelos caminhões responsáveis pela coleta seletiva na região Leste da cidade de Mossoró, com o intuito de minimizar a distância percorrida, conseqüentemente, refletindo benefícios referentes a custos operacionais variáveis. A modelagem foi desenvolvida baseando-se no modelo proposto por Fisher e Jaikumar (1979).

3.2.1. NOTAÇÃO

Para fins didáticos e melhor visualização do modelo matemático, abaixo estão dispostas as variáveis e seus respectivos significados:

i, j - Origem e destino $(1, \dots, N)$

K - Transporte que realizará o trajeto. $(1, \dots, M)$

N - Nº total de bairros a serem visitados

M - Nº total de veículos disponíveis

C_{ij} - Distância do ponto i ao j .

B_k - Capacidade máxima do veículo K (peso ou volume).

a_i - Demanda do bairro i .

X_{ijk} (binária) - 1: indica que o percurso i para j com o veículo k fará parte da solução.

Y_{ik} (binária) - 1: indica que o veículo k visita o endereço i

3.2.2. FUNÇÃO OBJETIVO

A finalidade é minimizar as distâncias percorridas por 2 caminhões em uma zona de coleta seletiva. A função objetivo está descrita abaixo:

$$\text{Min } Z = \sum_{i,j} (C_{ij} \cdot \sum_k X_{ijk})$$

3.2.3. RESTRIÇÕES

As restrições de um problema são as variáveis controladas e dentro de quais limites elas podem ser controladas. Tomando esse conceito como base, a seguir estão descritas as condicionantes do problema.

(1) Um bairro, com exceção da origem, será visitado apenas por um caminhão:

$$\sum_{k=1}^M Y_{ik} = 1, i=2, \dots, N$$

(2) Soma de caminhões que passa pela origem é igual ao total de caminhões:

$$\sum_{k=1}^M Y_{ik} = M, i=1$$

(3) A soma das cargas retiradas de cada bairro visitado deve ser menor ou igual a capacidade do caminhão que o visitou:

$$\sum_{i=1}^N a_i \cdot Y_{ik} \leq B_k, k = 1, \dots, M$$

(4) A quantidade de possibilidades do caminhão k ir do bairro i pra um bairro j é igual a a se o mesmo foi ou não.

$$\sum_{j=1}^N X_{ijk} = Y_{ik}, i = 1, \dots, N \quad k = 1, \dots, M$$

(5) A quantidade de possibilidades do caminhão k ir de um bairro i pra o bairro j é igual a a se o mesmo foi ou não.

$$\sum_{i=1}^N X_{ijk} = Y_{jk}, j = 1, \dots, N \quad k = 1, \dots, M$$

(6) Garante a não formação de subrotas.

$$\sum_{i,j \in S} X_{ijk} \leq |S| - 1, \forall S \subseteq \{2, \dots, N\}, k = 1, \dots, M$$

(7) O somatório dos percursos realizados pelos caminhões de um bairro i para um j , quando $i=j$, é igual a zero.

$$\sum_k^M X_{ijk} = 0, i = j = 1, \dots, N$$

A satisfação de todas as restrições descritas garante a obtenção de uma solução ótima para o problema dado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o entendimento dos resultados, vale ressaltar que o problema demonstrado considerou apenas o trabalho da associação ACREVI, em um turno, com 2 caminhões, com capacidade, de aproximadamente 5 toneladas cada, e para a 3ª zona de coleta.

Foi discutida a solução para apenas uma zona, pois independentemente da zona, associação ou turno considerado, o problema apresentaria a mesma função objetivo, restrições e variáveis de decisão, sendo uma zona suficiente para implementação do modelo. Como a versão do software X-Press utilizada é a estudantil, que apresenta uma limitação quanto a quantidade de variáveis a serem processadas, foi escolhida a zona que possuía o menor número de bairros, no caso a 3ª zona.

Como já citado, Mossoró é assistida por 2 associações de coleta seletiva, entretanto, o estudo se restringiu a apenas uma associação (ACREVI), a qual atende a região Leste da cidade, consistindo nas zonas 1 e 3, e o centro. No Quadro 1 estão dispostas as zonas contempladas pela coleta seletiva, já o Quadro 2 expõe os dias e os turnos nos quais as zonas são visitadas. Vale a ressalva de que a coleta seletiva não abrange os bairros de Mossoró em sua totalidade.

Quadro 1- Divisão dos Bairros por Zonas

Zonas	Bairros
1 ^a	Alto de São Manoel, Alto do Sumaré, Bom Jesus, Costa e Silva, Dom Jaime Câmara, Pintos, Planalto 13 de Maio e Rincão
2 ^a	Abolição III, IV e V, Aeroporto (Quixabeirinha), Alto da Conceição, Alto da Bela Vista, Belo Horizonte, Dix-Sept Rosado, Itapetinga, Lagoa do Mato, Monsenhor Américo Simonetti, Redenção e Santa Delmira
3 ^a	Barrocas, Bom Jardim, Ilha de Santa Luzia, Paredões e Santo Antônio
4 ^a	Aeroporto, Abolição I e II, Boa Vista, Doze Anos e Nova Betânia
5 ^a	Centro

Fonte: Prefeitura Municipal de Mossoró, 2013

Quadro 2 - Especificação de Horários por Turnos

Turno	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sábado
Diurno	Associação	Associação	Associação	Associação	Associação	Associação
	1: 1 ^a Zona	2: 2 ^a Zona	1: 1 ^a Zona	2: 2 ^a Zona	1: 1 ^a Zona	2: 2 ^a Zona
Noturno	Associação 1: 3 ^a Zona e 5 ^a Zona	Associação 2: 4 ^a Zona e 5 ^a Zona	Associação 1: 3 ^a Zona e 5 ^a Zona	Associação 2: 4 ^a Zona e 5 ^a Zona	Associação 1: 3 ^a Zona e 5 ^a Zona	Associação 2: 4 ^a Zona e 5 ^a Zona

Fonte: Autoria Própria

Por meio de uma pesquisa a fim de obtermos as distâncias entre cada bairro, foi possível construir a Quadro 3, que mostram os bairros da 3^a Zona e suas distâncias.

Quadro 3- Distâncias entre os Bairros da 3ª Zona

3ª Zona – Distâncias em Km						
	1	2	3	4	5	6
1	0	10,2	8,7	5,4	7,7	27,5
2	10,2	0	1,9	5,1	3,4	25,4
3	8,7	1,9	0	3,4	1,7	23,8
4	5,4	5,1	3,4	0	2,8	23,7
5	7,7	3,4	1,7	2,8	0	24,4
6	27,5	25,4	23,8	23,7	24,4	0

Fonte: Google Maps, 2014

Legenda: Dom Jaime Câmara-ACREVI(1), Barrocas (2), Bom Jardim (3), Ilha de Santa Luzia (4), Paredões (5) e Santo Antônio (6).

Após a definição das variáveis a serem consideradas na modelagem, as variáveis, função objetivo e restrições foram implementadas no solver Xpress – MP. Na Figura 1 podemos visualizar a primeira etapa da implementação dos dados que é a declaração das variáveis.

Figura 1 – Declaração das Variáveis

```

model PRV
uses "mxxprs";

!sample declarations section
declarations                                ! aqui são declarados parâmetros e variáveis do problema
    ! 3ª Zona
    ori = 1..6      ! origens
    des = 1..6      ! destinos
    cam = 1..2      ! caminhões

    c: array(ori,des) of real                ! parâmetros de distância
    x: array(ori, des, cam) of mpvar         ! var de decisão / percurso i para j com o veículo k
    y: array(ori,cam) of mpvar              ! veículo k visita o endereço i
    a: array(ori) of real                   ! carga de um local i
    B: array(cam) of real                   ! capacidade um caminhão k

end-declarations                            ! toda declaração deve ser finalizada com end-declarations

c:: [0, 10.2, 8.7, 5.4, 7.7, 27.5,
     10.2, 0, 1.9, 5.1, 3.4, 25.4,
     8.7, 1.9, 0, 3.4, 1.7, 23.8,
     5.4, 5.1, 3.4, 0, 2.8, 23.7,
     7.7, 3.4, 1.7, 2.8, 0, 24.4,
     27.5, 25.4, 23.8, 23.7, 24.4, 0]

B:: [5000,5000]

```

Fonte: Autoria Própria

Após a declaração das variáveis utilizadas, as restrições do problema foram implementadas (Figura 2).

Figura 2 – Restrição

```
forall(i in 2..6)
r1(i) := sum(k in cam) y(i,k) = 1      ! restrição 1

forall(i-1)
r2(i) := sum(k in cam) y(i,k) = 2      ! restrição 2

!forall(i in i, k in k)
!r3(i,k) := sum(i in i) a(i)+y(i,k) <= B(k)      ! restrição 3
!RETIRADA PELA IMPOSSIBILIDADE DE PREVISÃO

forall(i in ori, k in cam)
r4(i,k) := sum(j in des) x(i,j,k) = y(i,k)      ! restrição 4

forall(j in des, k in cam)
r5(j,k) := sum(i in ori) x(i,j,k) = y(j,k)      ! restrição 5

forall(i in ori)
r7(i) := sum(k in cam) x(i,1,k) = 0      ! restrição adicional***

forall(i in 1..5, j in 2..6)
r611(i,j) := x(i,j,1)+x(j,1,1) <= 1      ! restrição 6.11

forall(i in 1..5, j in 2..6)
r612(i,j) := x(i,j,2)+x(j,1,2) <= 1      ! restrição 6.12

forall(i in 1..4, j in 2..5, m in 3..6)
r621(i,j,m) := x(i,j,1)+x(j,m,1)+x(m,1,1) <= 2      ! restrição 6.21

forall(i in 1..4, j in 2..5, m in 3..6)
r622(i,j,m) := x(i,j,2)+x(j,m,2)+x(m,1,2) <= 2      ! restrição 6.22

forall(i in ori, j in des, k in cam)
x(i,j,k) is_binary

forall(i in ori, k in cam)
y(i,k) is_binary
```

Fonte: Autoria Própria

Tendo as restrições definidas, a função objetivo foi declarada (Figura 3).

Figura 3 – Função Objetivo

```
distancia:= sum(i in ori, j in des) c(i,j)* sum(k in cam) x(i,j,k)      ! função objetivo

minimize (distancia)      !orientação da função objetivo

writeln("A distancia minima é: ", getobjval)      ! escreve o valor da função objetivo na tela

writeln("A solução ótima para o PRV é: ")
forall(i in ori, j in des, k in cam)
if getsol(x(i,j,k))=1 then
    writeln("O valor de x(", i, ",", j, ",", k, ") eh:", getsol(x(i,j,k))) ! escreve o valor das VD
end-if

end-model      ! finaliza o modelo
```

Fonte: Autoria Própria

O Xpress proporcionou uma solução ótima para a rota dos dois caminhões, a qual é demonstrada na Figura 4, e demonstrando que a distância mínima é de 78,1 km.

Figura 4 – Solução Ótima

```
A distancia mínima é: 78.1
A solução ótima para o PRV é:
O valor de x(1,5,2)  eh:1
O valor de x(1,6,1)  eh:1
O valor de x(2,1,2)  eh:1
O valor de x(3,2,2)  eh:1
O valor de x(4,1,1)  eh:1
O valor de x(5,3,2)  eh:1
O valor de x(6,4,1)  eh:1
```

Fonte: Autoria Própria

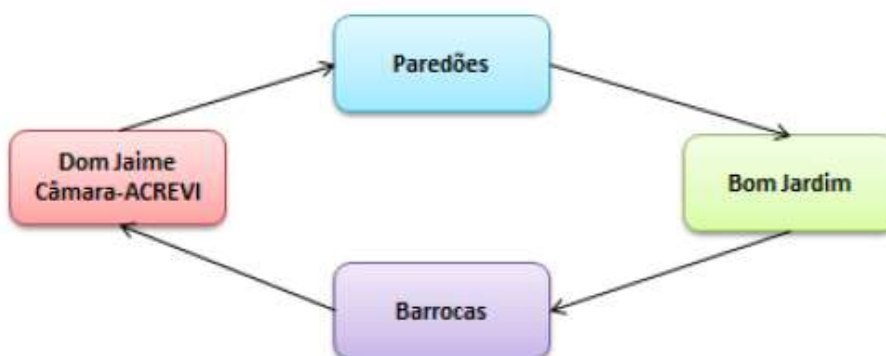
Para uma melhor compreensão de tal solução, foi esquematizado como seriam as rotas percorridas pelo caminhão 1 e 2, e mostrado nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

Figura 5 – Rota do caminhão 1



Fonte: Autoria Própria

Figura 6 – Rota do caminhão 2



Fonte: Autoria Própria

Podemos concluir que, no caso do caminhão 1, sua rota começará no bairro Dom Jaime (ponto de origem inicial, no qual também será o ponto final da rota), passará pelo Santo Antônio, posteriormente Ilha de Santa Luzia, terminando portanto, na câmara do ACREVI. Da mesma maneira, o caminhão 2 também partirá do bairro Dom Jaime, passando por Paredões, Bom Jardim e Barrocas, retornando ao ACREVI, nessa sequência.

5. CONCLUSÃO

No trabalho exposto, verificou-se que métodos da pesquisa operacional como Problema de Roteamento de Veículos (PRV) é uma ferramenta estratégica que auxilia na tomada de decisão, desde algo considerado simples à processos mais complexos.

Por meio da análise do estudo realizado, pôde-se concluir que os objetivos foram atingidos, uma vez que, através do Xpress, a modelagem do problema de roteirização dos caminhões de coleta seletiva foi construída e a solução ótima foi encontrada, denotando qual a melhor rota a ser seguida e especificando a distância.

Desta maneira, a empresa escolhida agora tem uma rota para seus caminhões, a qual demanda menos distância, e conseqüentemente, menos custos com transporte. Uma ampliação desse estudo seria a utilização das duas empresas existentes na cidade de Mossoró, bem como todas as zonas da cidade assistidas pela coleta seletiva, e com isso, construir uma modelagem para que se encontre o melhor caminho para ambas, uma vez que se foi provado a aplicabilidade do PRV no problema proposto.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTI, C. R. et al. (2011). Estudo do Gerenciamento da Coleta Seletiva dos Resíduos Sólidos no Município de Mossoró-RN. Disponível em:

<<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/viewFile/594/463>>. Acesso em 25 Jan. 2014.

FERREIRA, A. R. et al. (2012). Avaliação e Diagnóstico Ambiental dos Resíduos Sólidos Gerados no Município de Mossoró/RN. Disponível em:

<<http://periodicos.uern.br/index.php/geotemas/article/viewFile/259/212>>. Acesso em 25 Jan. 2014.

FISHER, M.; JAIKUMAR, R. (1979) A Generalized Assignment Heuristics For Vehicle Routing. Networks. Disponível em: <<http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA100992>>. Acesso em 06 Fev. 2014.

GIRADE, C. et al. Otimização da Logística de Coleta Seletiva: Um Estudo de Caso. In VII SEPRONE – Simpósio de Engenharia de Produção do Nordeste. Mossoró, Rio Grande do Norte. 2012. Disponível em: <<http://www.seprone2012.com.br/sites/default/files/l19.pdf>>. Acesso em 25 Jan. 2014.

IBGE. (2012). Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em:

<<http://saladeimprensa.ibge.gov.br/noticias?view=noticia&id=1&busca=1&idnoticia=2161>>. Acesso em 25 Jan 2014.

LIMA, S. D. et al. (2012). Resolução do Problema de Roteamento de Veículos dom Backhauls dom Heurística Baseada dm Busca Local. Disponível em:

<https://www.google.com.br/search?q=RESOLU%C3%87%C3%83O+DO+PROBLEMA+DE+ROTEAMENTO+DE+VE%C3%8DCULOS+COM+BACKHAULS+COM+HEUR%C3%8DSTICA+BASEADA+EM+BUSCA+LOCAL&rlz=1C1GGGE_pt-PTBR457BR457&oq=RESOLU%C3%87%C3%83O+DO+PROBLEMA+DE+ROTEAMENTO+DE+VE%C3%8DCULOS+COM+BACKHAULS+COM+HEUR%C3%8DSTICA+BASEADA+EM+BUSCA+LOCAL&aqs=chrome..69i57.280j0j7&sourceid=chrome&espv=210&es_sm=122&ie=UTF-8>. Acesso em 25 Jan. 214.

MARTEL, Alain; VIEIRA, Darli Rodrigues. Análise e Projeto de Redes Logísticas. 2 ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

MUNDO AMBIENTE ENGENHARIA. Consultoria Ambiental e Segurança no Trabalho. Disponível em: <<http://mundoambiente.eng.br/new/noticias-ambientais/323-dos-municipios-brasileiros-tem-coleta-seletiva-de-lixo-diz-ibge/>>. Acesso em 25 Jan 2104.

PREFEITURA MUNICIPAL DE MOSSORÓ. (2013). Serviços Urbanos ajusta dias e horários da coleta domiciliar. Disponível em: <<http://www.prefeiturademossoro.com.br/blog/servicos-urbanos-ajusta-dias-e-horarios-da-coleta-domiciliar/827/>>. Acesso em 25 Jan. 2014.

RANGEL, S. (2006) Introdução à Construção de Modelos de Otimização Linear e Inteira. Disponível em: <<http://www.mat.ufg.br/bienal/2006/mini/socorro.rangel.pdf>> Acesso em: 15 dez. 2013.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE. (2012). Coleta Seletiva: Na Escola, no Condomínio, na Empresa, na Comunidade, no Município. Disponível em:

<<http://www.lixo.com.br/documentos/coleta%20seletiva%20como%20fazer.pdf>>. Acesso em 25 Jan. 2014.

TABOSA, C. M. Notas de aula. (2014).

Capítulo 4



10.37423/230607887

PRODUÇÃO DE CARBONO ATIVADO A PARTIR DA FIBRA DECOCO (COCOS NUCIFERA) UTILIZANDO ÁCIDO SULFÚRICO PARA APLICAÇÃO NA REAÇÃO DE ESTERIFICAÇÃO.

Beatriz Ferraz Martins

UFC

Paula Katherine Leonez da Silva Valença

UFERSA



Resumo: Neste trabalho foi avaliado a aplicação da fibra de coco seca obtida a partir do mesocarpo na forma de carbono ativado como catalisador heterogêneo na reação de esterificação. A fibra de coco foi submetida a vários processos: lavagem, preparação da amostra, acidificação com H_2SO_4 , por fim, carbonização em mufla para a obtenção do carbono ativado. Para avaliar o desempenho catalítico da fibra na reação de esterificação foi feito um planejamento fatorial do tipo 2^k , na qual as variáveis estudadas foram a concentração do ácido sulfúrico, temperatura de impregnação e temperatura de carbonização. A reação foi realizada em uma incubadora Shaker de SL222. As conversões de ácidos graxos livres em éster apresentaram valores entre 7% a 70%. A variável temperatura de carbonização apresentou-se mais significativa no processo, independentemente das outras variáveis estudadas neste processo.

Palavras chave: Coco; esterificação; heterogêneo, síntese.

1. INTRODUÇÃO

O coco (*cocos nucifera*) é um fruto seco que possui uma casca fibrosa com poros que são visíveis na superfície exterior deste [1]. É um fruto comum, bastante consumido em praias de todo o Brasil, usado como bebida refrescante, devido ao seu interior possuir uma cavidade cheia de "água de coco". Este, após acabado a bebida é em sua grande maioria descartado em lixões [2]. Segundo Ferreira *et al* (1998) [3], o fruto do coqueiro é uma drupa, formada por uma epiderme lisa ou epicarpo, que envolve o mesocarpo espesso e fibroso, ficando mais no interior uma camada muito dura (pétrea), o endossarão. O fruto está envolto em uma casca externa esverdeada que com o tempo, torna-se seca e castanha. Sob a casca, encontra-se uma camada de fibras. Santos (2002) [4] citou que as fibras do coco se caracterizam pela sua dureza e durabilidade, atribuídas ao alto teor de lignina, em comparação com outras fibras naturais. A fibra de coco, é obtida a partir do mesocarpo. Esse material possui qualidades como a sua superfície específica e porosidade, podendo ser aspecto um importante para implementação em diversos estudos [5]. A facilidade de produção, baixo custo e alta disponibilidade são outras vantagens adicionais apresentadas por este tipo de material [2].

A estrutura porosa do material é reforçada durante o processo de ativação. A ativação de carbono envolve essencialmente dois processos: Ativação térmica ou física e ativação química [6]. A ativação consiste em submeter o material a reações secundárias, visando o aumento da área superficial. O processo de ativação será então responsável pelo aumento do diâmetro dos poros menores e desobstrução e criação de novos poros nos materiais [7]. A ativação química consiste na impregnação de agentes desidratantes tais como ácido fosfórico geralmente sobre o precursor ainda não carbonizado e posterior a carbonização, o que expõe a estrutura porosa do carvão ativado [8]. A ativação física consiste na gaseificação do material previamente carbonizado pela oxidação com vapor d'água, ar ou qualquer mistura de gases com uma faixa de temperatura elevada. A estrutura resultante dos poros será decorrente da quantidade de vapor e da temperatura empregada [9].

Resultados significativos foram obtidos de vários pesquisadores que estudaram a obtenção do carvão ativado a partir de matéria orgânica. Brum *et al* (2008) [10] caracterizou o carvão obtido a partir dos resíduos de beneficiamento de café, Jaguaribe *et al* (2005) [11] utilizou o carvão ativado obtido a partir da cana de açúcar babaçu e coco na remoção de cloro residual, entre vários outros.

Existem vários métodos de caracterização de carvão ativado como microscopia eletrônica de varredura (MEV), índice de azul de metileno (IAM), número de iodo (NI), difratometria de raios x (DRX), método de área superficial de Branauer-Emmet-Teller (BET), entre outros [12]. Porém, quando a

caracterização do material por esses métodos não é possível de se realizar, uma alternativa seria a utilização da reação de esterificação como mecanismo de avaliação da eficiência da síntese do carbono. A reação de esterificação é um processo importante nos diversos ramos, utilizado bastante na indústria de cosméticos em fragrâncias e essências além do seu uso na indústria farmacêutica. Ocorre de maneira a transformar um ácido graxo e/ou triglicerídeo na presença de álcool formando éster e água [13]. Porém a conversão dos reagentes ocorre em um processo muito lento, de modo que é necessário a utilização de um catalisador para acelerar a reação. O catalisador de um modo geral muda a velocidade da reação oferecendo um caminho molecular diferente para a mesma, a atuação destes depende da natureza dos sítios catalíticos de Lewis e Bronsted Lowry presente nos sólidos. Para que o catalisador desempenhe um bom papel na reação ele depende dos sítios ativos, da sua geometria, e de espaço vazio entre eles [14].

Neste trabalho, um carbono ativado é preparado a partir da carbonização da fibra de coco seca, obtida do mesocarpo do fruto, sob diferentes condições, entre elas estão: variação de concentração do catalisador ácido, temperatura de impregnação desta fibra com o ácido e temperatura de calcinação do mesmo. Desta forma, a eficiência do carbono ativado é investigada na reação de esterificação do ácido oleico com o metanol. Os aspectos como a razão molar de metanol e ácido oleico, temperatura e tempo de reação e secagem da fibra foram parâmetros fixos estabelecidos para esta pesquisa.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. MATERIAIS

Neste trabalho foram utilizados os reagentes presentes no laboratório de química orgânica na UFERSA, campus Mossoró. O coco utilizado nesse estudo foi coletado no município de Aracati, Ceará. Para a impregnação foi utilizado o Ácido sulfúrico P.A (Micro-química produtos para laboratório Ltda).

Para a reação de esterificação foram utilizados o Álcool metílico P.A-ACS (Dinâmica, química contemporânea Ltda) e o Ácido oleico P.S(Dinâmica, química contemporânea Ltda). Para a análise do éster obtido foi utilizado o Álcool etílico comercial 92,8º INPM(96ºGL) (Itajá) como solvente para a titulação da amostra e o Hidróxido de sódio P.A-ACS Micropérolas (Dinâmica, química contemporânea Ltda) como titulante. Para a padronização do hidróxido foi usado o Biftalato de potássio P.A(Alphatec, química fina reagentes).

2.2. MÉTODOS

A metodologia utilizada para este estudo foi resumida em um fluxograma indicado na Figura 1 que serão detalhados em nos tópicos seguintes.

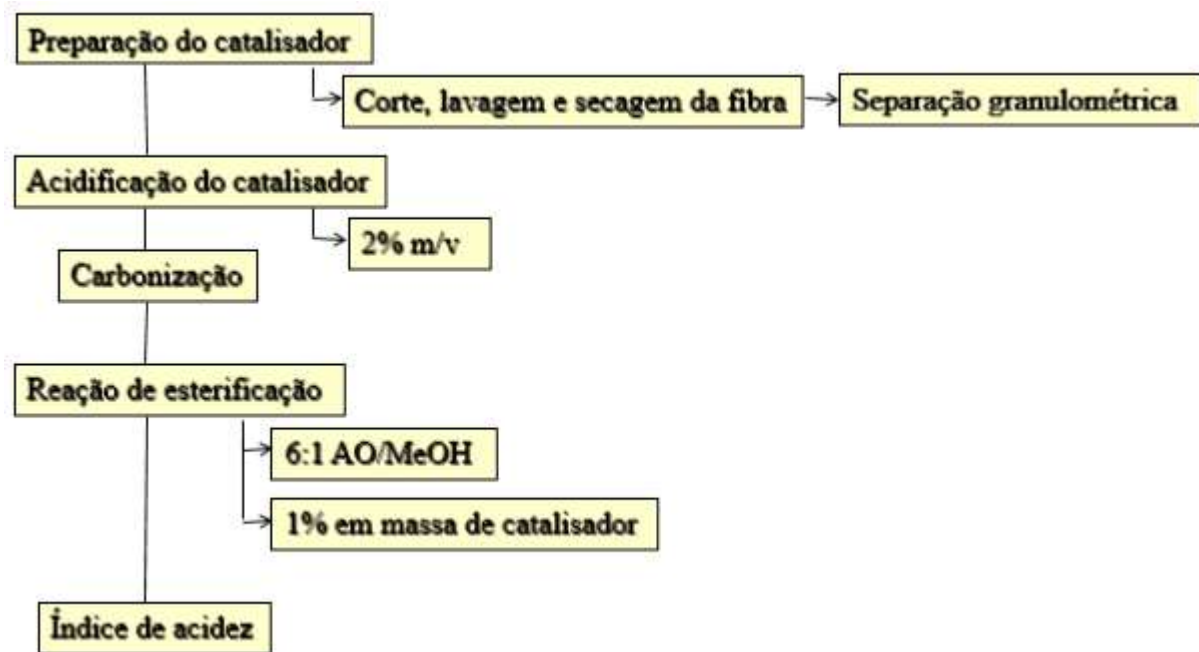


Figura 1: Fluxograma de metodologia adotada para a obtenção do carbono ativado para avaliação da síntese na reação de esterificação.

2.2.1 PREPARAÇÃO DO CARBONO ATIVADO UTILIZANDO A FIBRA DO MESOCARPO DO COCO

2.2.1.1 PREPARAÇÃO DA FIBRA

O método de preparação da amostra foi feito segundo trabalhos anteriores [15]. Inicialmente, a fibra do mesocarpo do coco foi separada do fruto, cortada de maneira manual, lavada para a retirada de impurezas superficiais e posta para secar na estufa TE-394/1 com uma temperatura de 35°C por 24 horas, até que houvesse o mínimo de umidade possível nesta amostra. Logo após a fibra foi triturada com o auxílio de um moedor de grãos Hamilton Beach, modelo 80374, até a obtenção de um volume suficiente de amostra para a realização dos testes. Em seguida, foi separada com o auxílio de um agitador de peneiras granulométricas Lucadema, modelo Luca 04/01, por 15 minutos com agitação de 10rpm, onde foi escolhida a amostra com diâmetro 0.75mm.

2.2.2.2 PROCESSO DE ATIVAÇÃO E CARBONIZAÇÃO DA AMOSTRA

Após a escolha do diâmetro da fibra, a mesma foi acidificada com o ácido sulfúrico em diferentes concentrações conforme mostrados nas Tabelas 1 e 2. A proporção usada para esta etapa foi 2 % m/v de fibra de coco para ácido sulfúrico. A impregnação foi feita em uma Incubadora Shaker SL 222 por 3 horas, com temperatura das amostras conforme as Tabelas 1 e 2 apresentadas posteriormente. Após o término do tempo, elas foram filtradas com um filtro de papel para remover o filtrado e a amostra foi posta novamente na estufa em vidros de relógio, onde permaneceram por 24 horas em uma temperatura de 35 °C.

Logo após a amostra ser retirada da estufa, esta foi transferida para um cadinho de porcelana e posta em forno mufla LM-SS 16L com uma rampa de aquecimento de 1°C por minuto até atingir a temperatura desejada conforme as Tabelas 1 e 2. O tempo de carbonização para cada temperatura foi de 2 horas, como foi proposto na metodologia adotada em trabalhos anteriores [16].

2.2.2 AVALIAÇÃO DO CARBONO ATIVADO NA REAÇÃO DE ESTERIFICAÇÃO

Após a carbonização foi realizada a reação de esterificação como mecanismo de avaliação da síntese do carvão a partir da fibra do mesocarpo do coco. O ácido utilizado para este estudo foi o ácido oleico e o álcool o metanol. Adotando-se uma razão de 6:1 em mol de metanol para o ácido oleico utilizado, pois com o metanol em excesso há um deslocamento no equilíbrio da reação. Deve-se também considerar que a amostra carbonizada foi colocada na reação com uma proporção de 1% em massa em relação a massa de ácido oleico adicionada. Na reação, as amostras foram tratadas sob as mesmas condições, com temperatura de 40°C reagindo por 24 horas com agitação de 150 rotações por minuto. Para este procedimento foi utilizada novamente a Incubadora Shaker SL 222, e uma amostra em branco foi adicionada nesse procedimento a fim de melhor análise dos catalisadores sobre a reação.

Após a reação no Shaker pelo tempo determinado, as amostras foram novamente filtradas para retirar da solução todo o catalisador. O filtrado obtido de cada solução foi homogeneizado e utilizado para determinar a conversão da reação através do cálculo do índice de acidez. O índice de acidez diz respeito à quantidade de hidróxido de sódio necessária para neutralizar os ácidos graxos livres presentes em uma grama da amostra. A porcentagem de ácidos graxos livres é um método para determinação de ácidos graxos existentes em uma amostra. [16]. Para essa etapa, as foram utilizados procedimentos conformes trabalhos anteriores [17]. As fórmulas utilizadas para calcular o índice de acidez e a conversão da reação são as equações 1 e 2 respectivamente:

$$IA = \frac{V \times F \times N \times 56,11}{M} \quad (1)$$

$$\text{Conversão (\%)} = \frac{IA_o - IA}{IA_o} \times 100 \quad (2)$$

V= volume de NaOH utilizado para atingir o ponto final da titulação da amostra.

F= fator de correção da solução de NaOH

M= massa de amostra utilizada para análise

2.2.6. PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

As variáveis estudadas como citado anteriormente foram: Concentração de ácido sulfúrico, temperatura de impregnação e temperatura de carbonização. Conforme apresentados na Tabela 1.

Tabela 1- Variáveis estudadas no processo de síntese de carbono ativado a partir da fibra de coco.

	-1	0	+1
Concentração do ácido	5%	7.5%	10%
Temperatura de impregnação do ácido	25°C	35°C	45°C
Temperatura de carbonização da amostra	200°C	225°C	250°C

O planejamento experimental escolhido foi do tipo 2^k com triplicata no ponto central, dando um total de 11 experimentos, obtendo amostras de carbono em diferentes condições sendo as amostras diferenciadas por condições que são especificadas na Tabela 2.

Tabela 2- Matriz do planejamento experimental realizado no estudo da síntese do carbono ativado a partir da reação de esterificação.

Amostras	Concentração de ácido na amostra	Temperatura de impregnação	Temperatura de carbonização
1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1
3	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1
5	-1	-1	+1
6	+1	-1	+1
7	-1	+1	+1
8	+1	+1	+1
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Adotando a metodologia descrita no item anterior, pôde-se avaliar a importância das variáveis estabelecidas conforme a Tabela 2, e sua influência perante o produto final. A eficiência da síntese do carbono a partir do mesocarpo do coco foi realizada pela determinação da conversão da reação de esterificação. Os valores obtidos foram registrados na Tabela 3.

Tabela 3- Resultados para conversão da reação de esterificação aplicando carbono ativado obtido a partir da fibra do mesocarpo do coco.

Amostra	Concentração de ácido (%)	Temperatura de impregnação (°C)	Temperatura de carbonização (°C)	Conversão (%)
1	-1	-1	-1	62,98
2	+1	-1	-1	62,52
3	-1	+1	-1	49,99
4	+1	+1	-1	69,15
5	-1	-1	+1	16,16
6	+1	-1	+1	7,96
7	-1	+1	+1	18,69
8	+1	+1	+1	25,78
9	0	0	0	35,46
10	0	0	0	31,36
11	0	0	0	42,61

Observando-se os valores obtidos na Tabela 3 podemos verificar que as amostras 1 e 2 quando comparadas, variando entre elas apenas a concentração do ácido, verifica-se que a diferença de valores obtidas na conversão não é muito significativa, visto que a diferença entre as conversões é menor que 1 %. Em um segundo caso, quando comparadas as amostras 1 e 3, variando entre elas apenas a temperatura de impregnação da fibra, é possível observar que houve uma maior significância de conversão entre elas quando comparado com as amostras 1 e 2, mas ainda assim, demonstrando uma significância razoável sendo está maior que 10 %. Por fim, analisado as amostras 1 e 5 observa-se que a única variável alterada para esta comparação é a temperatura de carbonização, onde esta se mostrou uma variável bastante significativa para este estudo, observando entre as amostras uma diferença superior a 45 %. No entanto, verifica-se que a maior conversão foi obtida pelo experimento 4 onde há, maior concentração de ácido, maior temperatura de impregnação e menor temperatura de carbonização, revelando ainda que quando aliados os pontos de máximo de concentração e impregnação, estes apresentam uma resposta positiva perante o resultado final da amostra.

Mesmo não sendo possível a caracterização do carbono, pode-se inferir sobre a síntese a partir da conversão da reação de esterificação. Pode-se verificar que ao aplicar o ácido sulfúrico no processo obteve-se um material com características de um carbono ativado, como mostra a Figura 2 a seguir.

Uma vez que o mesmo apresentou cor e aspecto de carbono, ao se aplicar na reação o mesmo apresentou-se também características de um catalisador heterogêneo ácido, já que houve conversão de ácido oleico a éster.



Figura 2: Carbono ativado obtido a partir de ativação química e física.

Avaliando-se estatisticamente os resultados, foram obtidos os efeitos estimados apresentados na Tabela 4, calculados considerando também 3 tipos de interações entre as variáveis estudadas.

Tabela 4- Estimativas dos efeitos e suas interações na conversão do ácido oleico a ésteres metílicos.

Parâmetros	Efeitos	Desvio Padrão	P
Média	38,0063	1,455340	0,000123
C. Ácido (%)	4,3979	3,254239	0,269428
T. Impregnação (°C)	3,4969	3,254239	0,361307
T. Carbonização (°C)	-44,0148	3,254239	0,000874
Ácido*Impregnação	8,7245	3,254239	0,074987
Ácido*Carbonização	-4,9544	3,254239	0,225268
Impregnação*Carbonização	6,6765	3,254239	0,132555

Analisando os efeitos obtidos da estatística, foi observado que a variável de temperatura de carbonização foi a que se apresentou mais significativa ($p < 0,05$) com um intervalo de 95 % de confiança. Esta variável teve uma resposta negativa, mostrando que, quanto menor a temperatura de carbonização, maior a resposta de conversão desta amostra, como mostrado na Figura 3. O fato da

variável de carbonização ser mais significativa neste experimento se deve a que quando a temperatura é elevada o suficiente para permitir que o ácido sulfúrico penetre mais eficientemente na fibra de coco, este proporciona a quebra da celulose do material abrindo os poros e gerando sítios ativos. Esses sítios ativos foram provavelmente criados no processo pois obteve-se conversão significativa na reação.

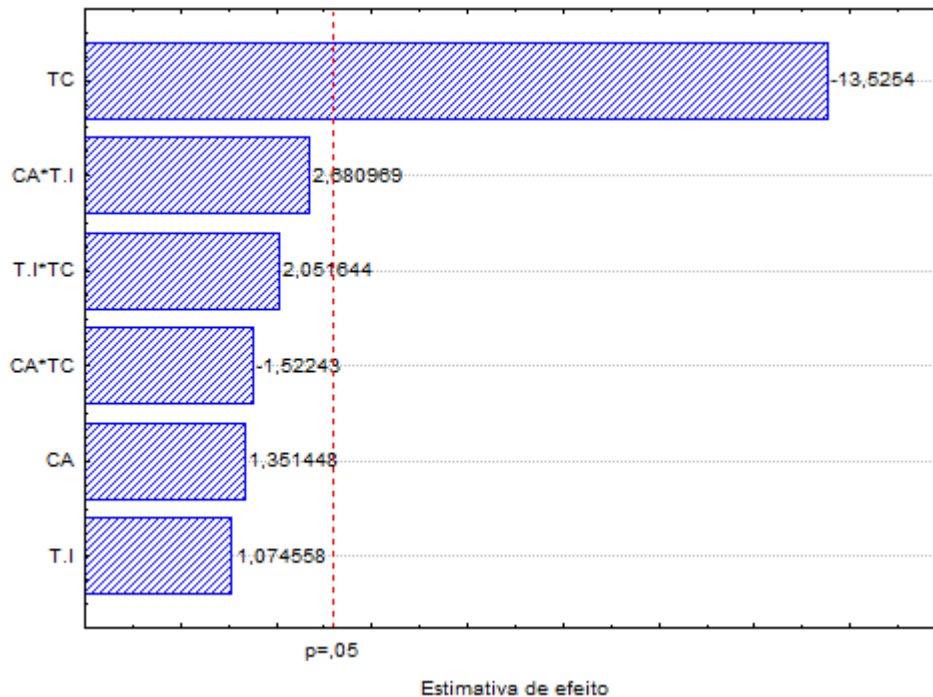


Figura 3- Pareto, influência das variáveis.

Considerando os coeficientes de regressão linear obtidos foi possível escrever o modelo matemático de primeira ordem para todas as variáveis a 95 % de confiança. Este modelo é mostrado na equação 3.

$$\begin{aligned}
 (\% \text{conversão}) = & 38,0063 + 2,1990 \cdot CA + 1,7484 \cdot TI - 22,0074 \cdot TC + 4,3623 \cdot CA \cdot TI \\
 & \pm 1,749164 \quad \pm 1,955625 \quad \pm 1,955625 \quad \pm 1,955625 \quad \pm 1,955625 \\
 & - 2,4772 \cdot CA \cdot TC + 3,3383 \cdot TI \cdot TC - 0,5419 \cdot CA \cdot TI \cdot TC \\
 & \pm 1,955625 \quad \pm 1,955625 \quad \pm 1,955625
 \end{aligned} \tag{3}$$

Onde: CA = Concentração do ácido

TI = Temperatura de impregnação

TC = Temperatura de carbonização

O teste ANOVA apresentado na Tabela 5, correspondente a resposta de conversão da reação de esterificação indica um coeficiente de determinação de 0,9857. Para confirmar a significância dos parâmetros do modelo foi realizado o teste F, para este ser estatisticamente significativo, o valor obtido de F_{CALCULADO} deve ser maior que o valor de F_{TABELADO} [16]. Observa-se que o valor do F_{CALCULADO} foi de 19,75 correspondente a regressão com 95% de confiança, já o F_{TABELADO} corresponde ao valor de 19,35. A adequação do modelo proposto pode ser visualizada na Figura 4 onde são apresentados valores preditos e observados para o modelo ajustado nesta regressão. O modelo de 1ª ordem apresentado mostrou-se adequado, porém apresentou-se pouco significativo para este estudo, provavelmente um modelo não linear represente melhor os resultados obtidos neste experimento, visto que poucas variáveis foram estudadas.

Tabela 5 - ANOVA. $F_{(TABELADO)7;2;0.05}=19,35$

Fatores	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F calculado
Regressão	4230,568	7	604,366	19,75
Erro	61,192	2	30,596	
Total SS	4291,760	9		

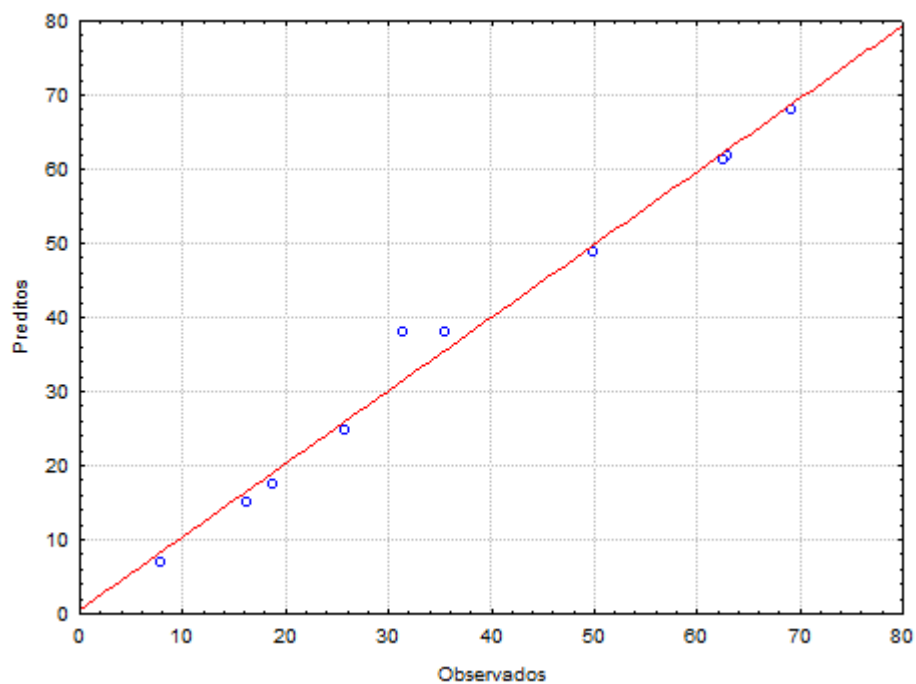


Figura 4- Valores preditos x observados

Analisando as Figuras 5 e 6 pode-se observar que a variável conversão sofre mais influência da temperatura de carbonização, pois as maiores conversões se dão devido ao uso de menores temperaturas de carbonização. Como observado na Figura 5 pode-se afirmar que a maior resposta de conversão será em qualquer ponto de máximo ou mínimo de concentração do ácido contanto que a temperatura de carbonização seja mais próxima do seu ponto de mínimo. Observando a Figura 6, pode-se fazer a mesma afirmação em relação a temperatura de impregnação, visto que ela pode ser usada em qualquer ponto, sendo ele máximo ou mínimo, contanto que ocorra sob condições em que haja a menor temperatura de carbonização.

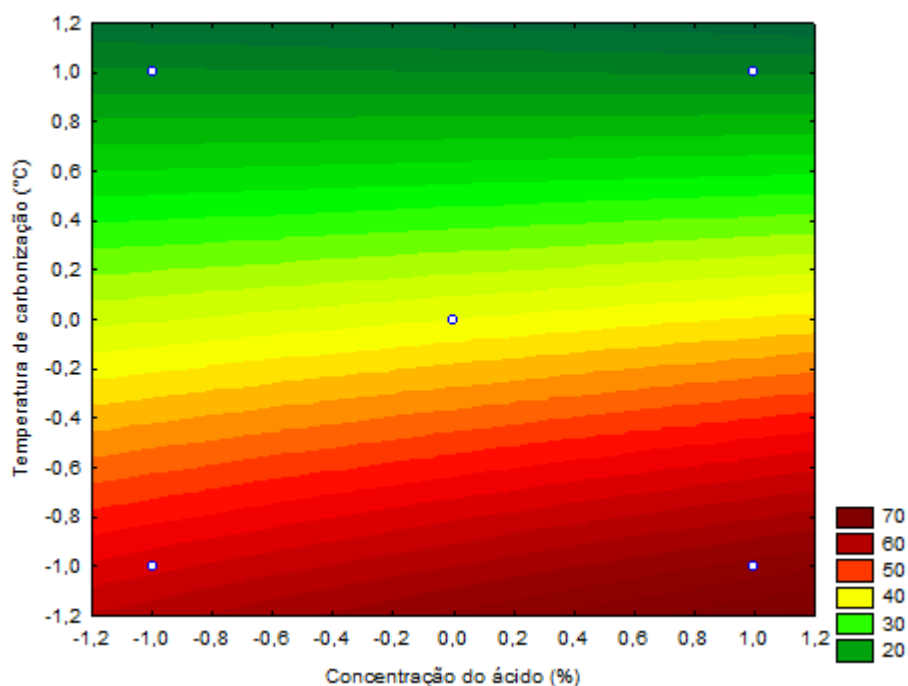


Figura 5 – Concentração do ácido x Temperatura de carbonização

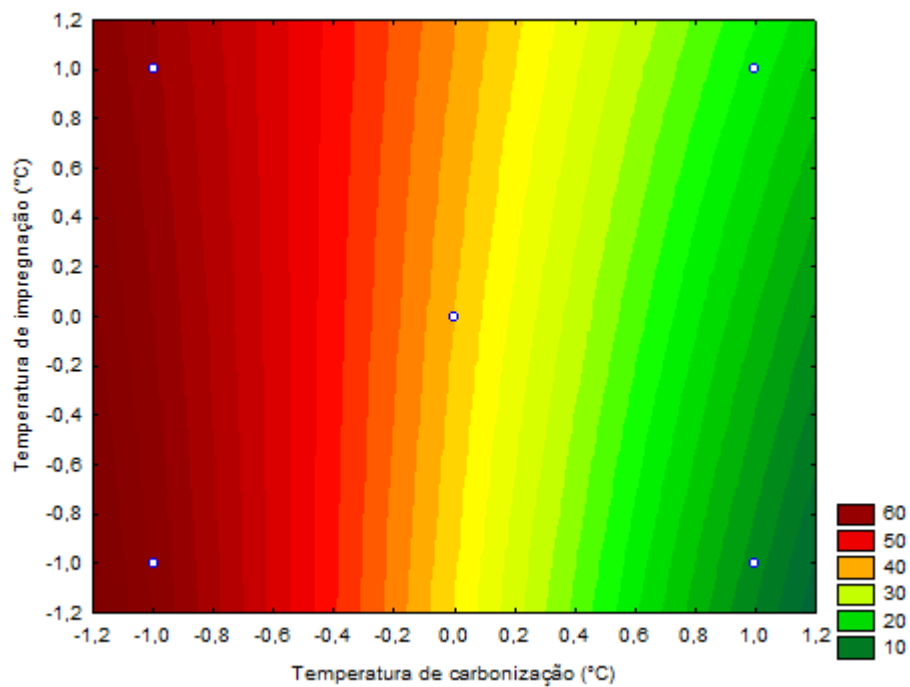


Figura 6 – Temperatura de carbonização x Temperatura de impregnação

4. CONCLUSÃO

A temperatura de carbonização se mostrou como uma variável de grande importância, pois foi observado que quanto menor a temperatura, melhor será a conversão da reação. A investigação do carbono ativado para a reação de esterificação foi de suma importância para este trabalho visto que a reação foi mecanismo para avaliação da síntese. A partir dos parâmetros variados a maior conversão obtida foi da amostra 4, no qual o catalisador foi preparado aplicando-se 10 % de ácido sulfúrico, com temperatura de impregnação do ácido na fibra de 45 °C e uma carbonização de 200 °C , otimizando a reação de esterificação. Ficou confirmado também que o modelo de primeira ordem com uma confiança de 95% se ajustou ao experimento e foi razoavelmente adequado para descrever a resposta da conversão.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] CRAVO, Antonietta B. Frutas & ervas que curam. Hemus; ISBN 978-85-289-0489-5. p. 80.
- [2] Portal São Francisco. Coco. Disponível em <<https://www.portalsaofrancisco.com.br/alimentos/coco>>. Acesso em: 07/04/2018.
- [3] FERREIRA, J. M.S. *et al.* A cultura do coqueiro no Brasil. 2ed. EMBRAPA-SPI, p.292. Brasília,1998.
- [4] SANTOS, M.S. Propriedades térmicas e mecânicas de materiais reciclados e base de PET pós consumo e cargas de coco. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de polímeros). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.
- [5] Wikipédia. Fibra de coco. Disponível em <https://pt.wikipedia.org/wiki/Fibra_de_coco>. Acesso em 22/04/2018.
- [6] ROSA, I.D.A. Remoção dos herbicidas diuron e hexazinona de água superficial no tratamento em ciclo completo com adsorção em carvão ativado granular. Dissertação (Mestrado), Universidade de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, 2008.
- [7] RODRIGUEZ-REINOSO, F.; MOLINA-SABIO, M. Textual and chemical characterization of microporos carbons. *Advances in colloid and interface science*, v. 76-77, 1998.
- [8] KHALILI, R.N. *et al.* Production of microand mesopores activated carbon from paper mill sludge- I effect of zinc chloride activation. *Carbon*, Oxford, v.38, p.1905-1915, 2000.
- [9] SOARES, A.G. Adsorção de gases em carvão ativado de celulignina. Tese (Doutorado em Física), Universidade estadual de Campinas, Campinas, 2001.
- [10] BRUM, S.S. *et al.* Preparação e caracterização de carvão ativado produzido a partir de resíduos do beneficiamento do café. *Química Nova*, São Paulo, v.31, p. 1048-1052. 2008.
- [11] JAGUARIBE, E.F. *et al.* The performace of activated carbons from sugarcane bagasse, babassu, and coconut shells in removing residual chlorine. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, v.22, São Paulo. 2005.
- [12] MORAIS, E.D. Produção de carvão ativado a partir do mesocarpo do coco-da-baía (cocos nuncifera) utilizando H₃PO₄, CH₃COONa e KOH como ativantes. Dissertação (Mestrado em engenharia química), Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2014.
- [13] SOLOMONS, G. T. W.; FRYHLE, C. B. Química orgânica. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, Vol 2, p. 85 -100, 2002.
- [14] RINALDI, R. Factors responsible for the activity of alumina surfaces in the catalytic epoxidation of *cis*-cyclooctene with aqueous H₂O₂. *Journal of Catalysis*. Amsterdã, p 109-116, 1 Outubro. 2004.
- [15] SILVA, F.W.M. Síntese e caracterização de carbonos ativados para adsorção de gás natural. Programa Institucional de formação de recursos humanos em engenharia e ciências do petróleo e gás natural. Fortaleza, 2012.

[16] COSTA, B.J.P *et al.* Avaliação do processo de calcinação na preparação de catalisadores ácidos heterogêneos para produção de biodiesel. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciência e Tecnologia) Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró. 2016.

[17] LUCENA, I.L. Otimização do processo de obtenção de biodiesel através da adsorção da água formada durante a reação de esterificação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2008.

Capítulo 5



10.37423/230607908

A UTILIZAÇÃO DE TECNOLOGIAS NA INTEGRAÇÃO DE DADOS NO MUNICÍPIO DE NITERÓI

Cândido Talim Bugarin

Secretaria Municipal de Defesa Civil e Geotecnia

Nathália da Silva Henrique de Moura

Secretaria Municipal de Defesa Civil e Geotecnia

Walace Medeiros Barbosa

Secretaria Municipal de Defesa Civil e Geotecnia

Eric de Oliveira Almeida

Secretaria Municipal de Defesa Civil e Geotecnia

Renata da Silva Teixeira

Secretaria Municipal de Defesa Civil e Geotecnia

Henrique Nunes Coutinho

Secretaria Municipal de Defesa Civil e Geotecnia

Raphael Barcelos Barbarioli

Secretaria Municipal de Defesa Civil e Geotecnia

Marcos Rezende Ferreira Dutra

Secretaria Municipal de Defesa Civil e Geotecnia

Marina Magalhães Reis dos Santos

Secretaria Municipal de Defesa Civil e Geotecnia

Thais Belloti Loureiro

Secretaria Municipal de Defesa Civil e Geotecnia

INTRODUÇÃO

O planejamento preventivo no âmbito da meteorologia consiste, entre outras avaliações, na previsão do tempo e monitoramento dos sistemas atmosféricos (SMDCG, 2021). Neste monitoramento, faz-se necessária a visualização e integração em tempo real de diversos dados como precipitação, direção e velocidade do vento, temperatura, umidade, entre outros – alguns destes disponibilizados em diferentes estações que compõem a rede própria da prefeitura, além daqueles gerados por órgãos externos, como do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET) e Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Portanto, a partir do momento em que há a geração da informação, a gestão da mesma e, por conseguinte, a emissão de avisos e alertas meteorológicos à população, cria-se uma importante e fundamental estratégia de minimização e antecipação de futuros danos (Martins & Spink, 2015; Ludwig et al., 2018) causados por fenômenos atmosféricos, dando à gestão e à população a possibilidade de adotar medidas preventivas (BRASIL, 2021).

De que forma a integração destes dados pode ser realizada – a partir da coleta de dados de diferentes fontes e em tempo real –, criando uma gestão de informação com alta efetividade, aumento da resiliência local e mitigação de danos? A solução para esta problemática no município de Niterói, comum entre algumas Defesas Civis do país, se deu a partir da criação do Sistema de Visualização Integrada de Dados e Alertas (SVIDA) pela Secretaria Municipal de Defesa Civil e Geotecnia de Niterói (SMDCG) no ano de 2017 (SMDCG, 2021). Trata-se de uma ferramenta de gestão de dados multidisciplinares criadas a partir da interseção de diferentes tecnologias cujos produtos auxiliam na tomada de ações assertivas para a mitigação de desastres, fortalecimento do processo de governança intersetorial e construção da resiliência urbana no município de Niterói (Bugarin et al., 2021), sendo este sistema, portanto, objeto de estudo do presente trabalho.

METODOLOGIA

A criação do sistema SVIDA pesou-se pelo estudo de forma que pudessem permitir a geração de mapas situacionais a partir da integração de dados em tempo real de informações meteorológicas de diversas temáticas, bem como gráficos com previsão de altura das ondas, utilizando como base rede de estações meteorológicas, pluviométricas e modelos numéricos oriundos de diversas fontes, sendo elas internas, produzidas pela própria SMDCG e de órgãos externos, aperfeiçoando e otimizando o trabalho realizado. Gerou-se portanto, um banco de dados para que fosse possível alimentar o sistema de

gestão com informações de sirenes, pontos de alagamentos e locais de ocorrência de fogo em vegetação de diversas fontes. As tecnologias utilizadas para a elaboração desta plataforma foram sensores inteligentes, redes 3G, 4G e 5G, processamento e storage em cloud e Inteligência Artificial (AI).

RESULTADOS

A criação do SVIDA possibilitou a construção de um painel de indicadores (FIGURA 1) que exibe informações coletadas em tempo real para a rápida interpretação e ação dos usuários através de um mapa situacional mostrando de forma geolocalizada informações relevantes para operação (FIGURA 2), áreas com informações sobre chuva, rios, sirenes, fogo em vegetação, que mostram as informações em tempo real e de forma analítica para os operadores possibilitando a extração de relatórios com base em parâmetros de chuva e outras variáveis meteorológicas (FIGURA 3), melhorando o trabalho de toda a Defesa Civil de Niterói.

O Módulo de Visualização de Dados Meteorológicos que integra o SVIDA reúne todas as fontes de dados e fornece ao usuário uma série de recursos, como: módulo de gerenciamento de informações, módulo de relatórios de fenômenos meteorológicos, módulo de previsão de ondas, módulo de previsão de chuva pelo Radar, módulo de fogo em vegetação e painel de comando e aplicativo.

A plataforma agrega e consolida as informações em um sistema de computação em nuvem, com diversas fontes, em tempo real, proporcionando seu acesso de qualquer local com internet. O SVIDA fornece informações e dados para o APP Alerta DCNIT, compatível com Android e IOS, que estabelece uma comunicação preventiva e emergencial a partir de dispositivos conectados com todos os municípios, além de possibilitar um canal específico de acionamento de voluntários para apoiarem nas situações de emergência.

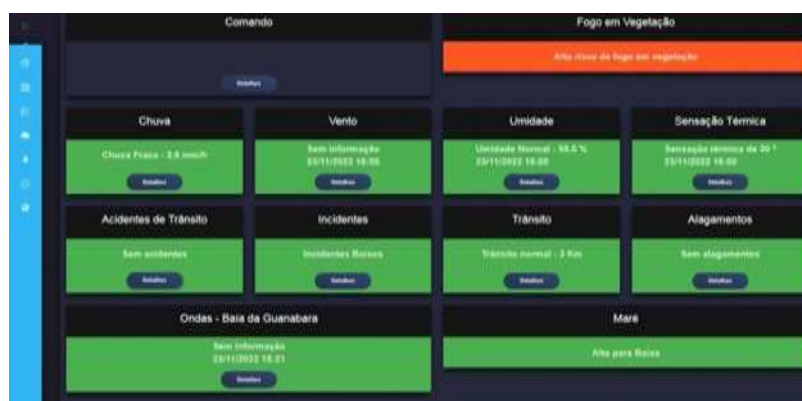


Figura 2. Painel de situação pluviométrica.

CONCLUSÕES

É um implemento inovador de gestão de risco de desastres porque combina sistemas de monitoramento e equipamentos de tecnologia (sensores, estações meteorológicas, internet das coisas (IOT)), com ações organizadas envolvendo a participação ativa do cidadão treinado, por meio da prevenção, mitigação e protocolos de emergência. O SVIDA expõe a importância da utilização de ferramentas tecnológicas e de automatização para um gerenciamento de dados de forma integrada, visando a otimização, aperfeiçoamento e agilidade as ações de respostas a desastres naturais.

O acesso em tempo real e de forma integrada das condicionantes do tempo, além da visualização de relatórios e painéis interativos, possibilita uma rápida e eficiente tomada de decisão que resulta na minimização dos impactos dos eventos meteorológicos extremos na cidade. Além disso, através do sistema é possível enviar avisos e alertas para a população, realizar as mudanças dos estágios de mobilização do município e do risco de fogo em vegetação.

REFERÊNCIAS

Brasil. Ministério do desenvolvimento regional. Guia prático de utilização de alertas do governo federal para ações de preparação para desastres. Brasília: ministério do desenvolvimento regional, 2021b, 2º ed. Disponível em:

https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/copy_of_guiapraticodesastres.pdf

Bugarin, c.t.; moura, n.s.h.; barbosa, w.m.; teixeira, r.s.; oliveira, e.a.; belloti, t.l.; oliveira, s.p. (2021). “svida - sistema de visualização integrada de dados e alertas”. In: seminário de boas práticas em proteção e defesa civil – projeto elos, 1 ed. 2021.

Ludwig, l; mattedi, m.a.; firmino, r.j.; reis, c.; spiess, m.r. (2018). “as tecnologias da informação e comunicação na gestão dos riscos de desastres: o caso do alertablu em blumenau/sc”. Revista tecnologia e sociedade, vol. 14, núm. 31, 2018, maio-agosto, pp. 92-109. Universidade tecnológica federal do paraná brasil. Doi: 10.3895/rts.v14n31.6079

Martins, m.h.m.; spink, m.j.p. (2015). “o uso de tecnologias de comunicação de riscos de desastres como prática preventiva em saúde”. Interface. Botucatu, v. 19, n. 54, p. 503–514, 2015. Doi: 10.1590/1807-57622013.0520

Secretaria municipal de defesa civil e geotecnia de niterói - smdcg (2021). “banco de boas práticas em proteção e defesa civil”. Disponível em: < https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/boaspraticas/copy_of_003_banco_boas_praticas_svida_dcnit_fev2022.pdf>

Capítulo 6



10.37423/230607912

UMA NOVA ABORDAGEM PARA O PLANEJAMENTO DO LAYOUT E O REGISTRO DA LOCALIZAÇÃO DE ITENS EM ARMAZENS

Gustavo de Souza Matias

Universidade Estadual do Paraná

Fernando Henrique Lermen

Universidade Estadual do Paraná

Tainara Rigotti de Castro

Universidade Estadual do Paraná

Rubya Vieira de Mello Campos

Universidade Estadual do Paraná

Tania Maria Coelho

Universidade Estadual do Paraná

Marcia de Fátima Moraes

Universidade Estadual do Paraná

Valderice Herth Junkes

Universidade Estadual do Paraná

Camila Matos

Universidade Estadual do Paraná



Resumo: A logística é o trabalho realizado para mover e posicionar itens de modo a atender as demandas dos clientes e a armazenagem. Visto que o a armazenagem pode ter impacto sobre o desempenho das operações, o objetivo deste estudo foi apresentarr uma metodologia para o planejamento e identificação dos itens no layout de armazéns. A empresa apresentava problemas de má organização e identificação dos itens armazenados, esses problemas também dificultavam o trabalho de movimentação de itens do estoque. A metodologia foi proposta para facilitar a identificação dos itens armazenados assim como melhorar a organização e otimizar o trabalho nos armazéns e foi aplicada em uma empresa produtora de produtos odontológicos localizada na região Centro Oeste do Paraná. Para a elaboração da proposta de layout foi desenvolvida uma metodologia na qual, a capacidade física necessária de estoque foi estimada com auxílio de uma previsão de estoques.

Palavras-chave: Capacidade Física; Arranjo Físico; Logística.

1. INTRODUÇÃO

No contexto das Grandes Áreas de Engenharia de Produção, estabelecidas pela Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2008), o presente estudo enquadra-se na área da Logística, subárea de Gestão de Estoques.

A logística é o processo responsável pelo gerenciamento de aquisição, movimentação e armazenamento de materiais, peças, produtos acabados e fluxo de informações relacionadas a essas atividades (GOMES; RIBEIRO, 2004).

De acordo com Ballou (2006), as atividades da logística podem ser classificadas em atividades primárias, que pertencem ao composto de serviços de todas as empresas, como transporte, gestão de estoques e processamento de pedidos, e atividades de apoio, sendo responsáveis pelo fornecimento de suporte às atividades primárias, denominadas de armazenagem, manuseio de materiais, compras, embalagem protetora, apoio a produção e manutenção de informações. Entre essas atividades, o presente estudo terá como foco a atividade de armazenagem.

A armazenagem visa acondicionar matérias-primas e produtos, em grande ou pequena escala, incluindo a administração do espaço necessário para manter estoques, envolvendo o dimensionamento de área, arranjo físico, recuperação do estoque, projeto de docas ou baias de atracação e configuração do armazém (BALLOU, 2001).

Tendo em vista a importância da armazenagem para as empresas, o objetivo deste estudo, foi apresentar uma metodologia para o planejamento e identificação dos itens no *layout* de armazéns.

A metodologia em questão foi proposta para facilitar a identificação dos itens armazenados assim como melhorar a organização e otimizar o trabalho. Para comprovar sua eficácia foi testada em uma empresa produtora de equipamentos odontológicos.

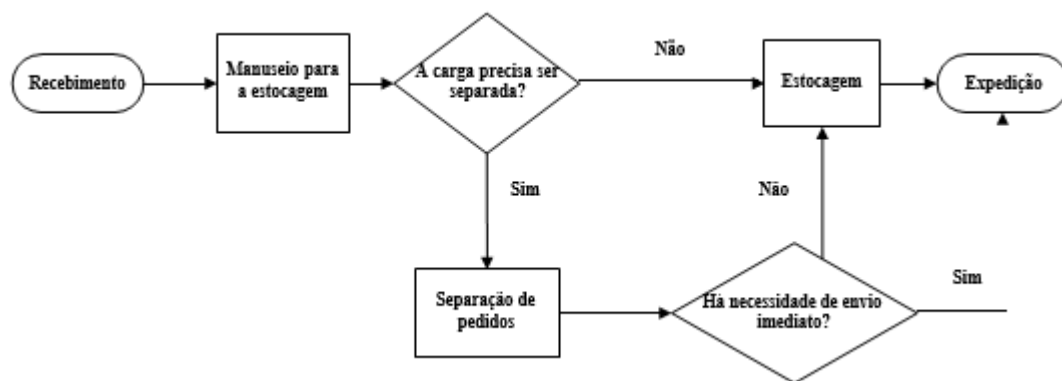
O presente artigo está estruturado em 6 seções. Primeiramente, apresenta-se a introdução e o objetivo do trabalho. Posteriormente, na segunda e terceira seção respectivamente, apresentam-se a fundamentação teórica e a revisão de literatura. Em seguida, a metodologia e os resultados são detalhados. Por fim, apresenta-se as considerações finais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 OPERAÇÕES LOGÍSTICA DE ARMAZENAGEM

As operações logísticas realizadas em armazéns (loais onde se estocam matérias/produtos) consistem em: i) recebimento; ii) manuseio para estocagem; iii) estocagem, e; iv) expedição (BOWERSOX; CLOSS; COOPER 2006). A Figura 1 esquematiza as operações realizadas em armazéns.

Figura 1 – Fluxo das operações logísticas realizadas em armazéns



Fonte: Adaptado de Ballou (2006)

No recebimento, geralmente as mercadorias chegam aos armazéns em grandes quantidades de embarque. Primeiramente ocorre a descarga das mercadorias, que geralmente aguardam nas docas (loais destinados ao embarque e desembarque de mercadorias), para que, posteriormente, possam ser encaminhadas para os locais de estocagem (BOWERSOX, et al., 2006).

O manuseio para a estocagem consiste na movimentação dos produtos para um local provisório e então são levados para a separação de pedidos ou estocagem e após o pedido ser processado, os produtos solicitados no pedido são separados e encaminhados para um local de expedição. A separação consiste em agrupar os produtos de modo a facilitar a montagem dos pedidos, em alguns casos os materiais vão direto da separação de pedidos para a expedição (BALLOU, 2006; BOWERSOX, et al., 2006).

Por fim, a expedição consiste em verificar os pedidos e carregar os veículos de transporte, sendo um processo semelhante ao recebimento, mas que ocorre de maneira inversa nos armazéns (BOWERSOX et al., 2006).

Entre as operações logísticas apresentadas, o manuseio de materiais e a estocagem consomem a maior quantidade de recursos (BOWERSOX; CLOSS; COOPER, 2006). De acordo com

Ballou (2006) a importância dessas operações está no tempo de processamento de pedidos, além de representarem cerca de um terço dos custos logísticos, o que justifica a necessidade do adequado gerenciamento dessas (BALLOU, 2006).

2.2. LAYOUT DE ARMAZÉM

Layout refere-se ao arranjo físico de recursos, como equipamentos, e visa apresentar a melhor utilização do espaço disponível que resulte em um processamento mais efetivo (TOLEDO, 2004).

Segundo Ballou (2006), o projeto do layout do local de armazenagem deve levar em consideração as atividades de manuseio de materiais, pois a utilização de equipamentos e o grau de automação são fatores que interferem no custo do manuseio de materiais. Ainda conforme o autor, quanto maior o giro de um estoque, maior a necessidade de reduzir o tempo de movimentação.

Um aspecto a ser considerado nos armazéns é organizar os produtos de acordo com suas especificações, tais como: volume, peso e exigências de estocagem. Produtos de grande volume devem ser posicionados no armazém de maneira a minimizar a distância entre movimentações, de preferência nos locais mais acessíveis, reduzindo o manuseio interno no armazém e a necessidade de uso de equipamentos. Outra questão importante é que os produtos mais pesados devem ser armazenados mais próximos do chão para minimizar a necessidade de levantamento desses, enquanto que os itens menores exigem espaços nas prateleiras. Sendo assim, deve-se elaborar um plano de estocagem para considerar as características de cada produto (BOWERSOX et al., 2006).

O objetivo principal do planejamento da localização de estoque é a minimização do custo total relacionado à movimentação dos materiais. Isso ocorre por meio da minimização da distância total percorrida ao longo do armazém. De maneira geral, os custos relacionados à movimentação de materiais são maiores se comparado aos custos com estocagem (BALLOU, 2006). Segundo esse autor, o layout muitas vezes é planejado intuitivamente com base em quatro critérios, conforme apresenta o Quadro 1.

Quadro 1 – Critérios intuitivos para o posicionamento de *layout*

Critério	Descrição
Complementaridade	Critério baseado na noção de que itens encomendados juntos devem ficar próximos. Ex: tintas e pincéis lápis e canetas, lâminas e espumas de barba.
Compatibilidade	Inclui a questão de como localizar itens próximos uns aos outros de maneira prática. Como exemplo: a gasolina não poder ser armazenada próxima a cilindros de oxigênio.
Popularidade	Considera que itens com maior demanda terão taxas de giro maiores, portanto, consiste em alocar itens de maior demanda em locais mais acessíveis.
Tamanho	O <i>layout</i> por tamanho consiste em localizar os produtos menores mais próximos às saídas ou áreas de expedição. Porém, esse método, só seria uma boa alternativa se o giro estivesse concentrado nos itens de menor porte.

Fonte: Ballou (2006).

3. REVISÃO DE LITERATURA

Para a revisão de literatura foram levantados trabalhos realizados entre os anos de 2009 e 2015, sendo encontrados quatro trabalhos dentro do tema com aplicações semelhantes. As palavras-chave utilizadas na pesquisa foram: combinações de layout; estoque e armazém.

Nishimura (2010) realizou um estudo em um armazém de uma indústria farmacêutica, com o objetivo de aumentar a sua capacidade de armazenagem. Foi utilizado o Diagrama de Ishikawa para diagnosticar problemas, demonstrando que o aumento nas vendas é a maior causa dos problemas de armazenagem, na empresa. Foram levantadas alternativas de armazenagem, entre elas, o emprego de prateleiras para verticalização do estoque, que foi a alternativa apontada como melhor pela autora. A proposta foi feita com o objetivo de assegurar o atendimento à RDC nº17 da ANVISA, que estabelece os requisitos mínimos a serem seguidos na fabricação de medicamentos baseados nas Boas Práticas de Fabricação de Medicamentos (BPF).

Silva, Maia e Borges (2013), desenvolveram um trabalho com o objetivo de demonstrar a importância do planejamento de layout para a gestão de materiais. Os autores analisaram o espaço físico e o processo de recebimento e armazenagem de materiais, no setor de armazenagem de produtos químicos de uma empresa produtora de artigos esportivos. Durante a pesquisa foi constatado o vencimento de produtos, ocasionado pelo fato do layout do armazém não proporcionar uma boa aplicação do sequenciamento de ordens de produção FIFO (do inglês, first in, first out), visto que é uma sequência lógica, em que, o primeiro material que entra em estoque é o primeiro a ser processado. Assim, por meio do software Google Sketchup, os autores montaram uma proposta de layout para a empresa, em que evidenciaram ganhos na capacidade e o layout proposto favoreceu o sequenciamento de ordens FIFO.

Guedin et al. (2009) apresentaram uma proposta de layout para um novo armazém de uma empresa do setor privado, por meio do diagnóstico do atual armazém da empresa. Para isso, os autores empregaram fluxogramas, questionários e registros fotográficos. Na realização do diagnóstico do layout atual da empresa foram constatadas algumas situações, como: falta de capacidade; condições inadequadas de segurança no trabalho; dificuldade de movimentação de materiais, e; condições de armazenagem inadequadas relacionadas à iluminação e ventilação. Foi realizada uma revisão bibliográfica, na qual foram levantadas precauções necessárias à armazenagem e identificação dos produtos em estoque. Por fim, foi proposto um layout para a nova instalação empresa, e uma metodologia para a identificação dos itens em estoque.

Por meio da revisão bibliográfica, observou-se a importância da adequação do layout com os processos de armazenagem e expedição, tendo em vista que a racionalização da disposição de materiais e prateleiras pode reduzir os fluxos de movimentação de materiais e aumentar as áreas de armazenagem, como ocorreu nos trabalhos apresentados.

4. METODOLOGIA

O método de abordagem utilizado no presente trabalho foi o quantitativo, pois foram levantadas informações sobre área, tamanho das prateleiras e volume dos produtos, e o qualitativo, pois foram levantadas informações de características de armazenagem, como uso e combinação dos produtos acabados e matérias primas em estoque e as características dos processos de armazenagem e expedição da empresa.

A pesquisa classifica-se quanto aos fins como explicativa, descritiva, documental e metodológica. Explicativa, pois inicialmente, procurou-se explicar o funcionamento do sistema de armazenagem da empresa. Descritiva, pelo fato de a pesquisa descrever o sistema de armazenagem e o layout da empresa. Documental, pois foi utilizada uma previsão de demanda dos arquivos da empresa, gerada pelo Material Requirement Planning (MRP) e metodológica, pois foi apresentada uma proposta descrevendo um novo método para classificar e distribuir os itens no estoque. Quanto aos meios, a pesquisa classifica-se como bibliográfica e estudo de caso. Bibliográfica, pois inicialmente foram levantadas informações sobre o tema em livros para o referencial teórico e estudo de caso, pois a pesquisa foi realizada com o objetivo de estudar o caso de uma empresa produtora de equipamentos odontológicos.

A coleta de dados foi realizada por meio de observação direta nos setores de produção, armazenagem e da gerência da empresa. Foram extraídas as medidas das instalações e dos produtos, com o objetivo de otimizar a forma de armazenagem, de modo a aproveitar melhor o espaço da instalação. A proposição das mudanças foi fundamentada com base na pesquisa bibliográfica citada inicialmente, e a definição da capacidade necessária de estoque foi baseada em uma previsão de estoque feita pelo MRP da Empresa.

Os dados coletados foram analisados qualitativamente e quantitativamente, pois para classificá-los foram consideradas características quantitativas, tais como quantidade e tamanho, e qualitativas, como função e compatibilidade dos itens do Armazém. Os dados foram tratados quantitativamente pelo Software Visio, com uso de escala reduzida. Depois de alocados os itens nas prateleiras, foi

possível planejar as prateleiras em escala reduzida dentro do layout do Armazém da Empresa, de modo a identificar a melhor localização dessas visualmente.

5. ESTUDO DE CASO: MÉTODO ELABORADO PARA O PLANEJAMENTO DO LAYOUT

Por meio de revisão bibliográfica foi possível identificar as restrições e critérios a serem considerados para alocação eficiente de itens no layout e assim elaborar a metodologia para o planejamento do layout. A metodologia foi elaborada com base nos critérios de posicionamento de Ballou (2006), no estudo de Silva, Maia e Borges (2013) que forneceu suporte para o planejamento dos itens nas seções das prateleiras, enquanto que o trabalho de Guedin et al. (2009), forneceu critérios para a identificação dos itens no armazém.

A metodologia é constituída basicamente de 6 etapas, algumas dessas etapas apresentam mais de um passo, dessa forma no Quadro 2, cada etapa é representada.

Quadro 2 – Metodologia para o planejamento e melhoria de layout.

Metodologia para o planejamento e melhoria de layout	
1	Reproduzir a área do Armazém
2	Estimar a necessidade física de estoque
3	Estimar a capacidade física de estoque (unidade de acondicionamento, e prateleiras)
a)	Identificar as prateleiras e suas especificações, como tamanho das seções e altura e largura dessas.
b)	Reproduzir cada um dos espaços das prateleiras em escala reduzida;
c)	Reproduzir os produtos ou as unidades de acondicionamento necessárias para cada produto em escala reduzida, considerando largura, altura e profundidade
4	Classificar e alocar os itens nas prateleiras
a)	Classificar os itens em grupos e subgrupos levando em conta os critérios: compatibilidade, complementaridade, tamanho e popularidade. Procurando deixar itens mais populares e itens compatíveis e complementares nas mesmas prateleiras, assim como itens maiores nas seções mais baixas das prateleiras
b)	Alocar os itens próximos de acordo com a classificação nas mesmas seções e prateleiras por meio das reproduções gráficas das unidades de acondicionamento e seções das prateleiras em escala reduzida, levando em consideração a capacidade destas unidades, para o item que irá ser alocado, a quantidade de itens a ser armazenada e a quantidade de unidades de acondicionamento necessárias para armazenar o item
c)	Caso a quantidade de unidades de acondicionamento que a empresa possui seja insuficiente para acondicionar todos os itens, ou haja necessidade de unidades maiores, propor a compra de novas unidades de acondicionamento, continuar o procedimento, para que no final possa ser estimada a compra de novas unidades de acondicionamento
d)	Caso sobre espaço das reproduções gráficas nas prateleiras utilizadas para agruparem itens de determinado grupo, deixar vago, para que posteriormente o espaço possa eventualmente ser utilizado para agrupar algum item que seja compatível sobre algum dos critérios utilizados na alocação, evitando assim a compra de mais prateleiras
5	Alocar itens não alocados
a)	Depois de preenchidas todas as prateleiras, verificar quais itens faltam alocar e verificar a necessidade de compra de prateleiras
b)	Caso a quantidade de itens não alocados possa ser alocada nos espaços vagos, alocar esses itens levando em consideração algum dos critérios já utilizados
c)	Caso a quantidade de itens não alocados, não possa ser alocada nos espaços vagos, propor a compra de novas prateleiras, representar essas prateleiras graficamente e continuar o processo até que todos os itens estejam alocados
6	Planejar as prateleiras no layout
a)	Apos alocados os itens nas prateleiras, reproduzir em escala reduzida o layout do armazém alocar essas prateleiras no layout, visando o critério de popularidade e considerando alocar essas prateleiras de modo a otimizar o espaço

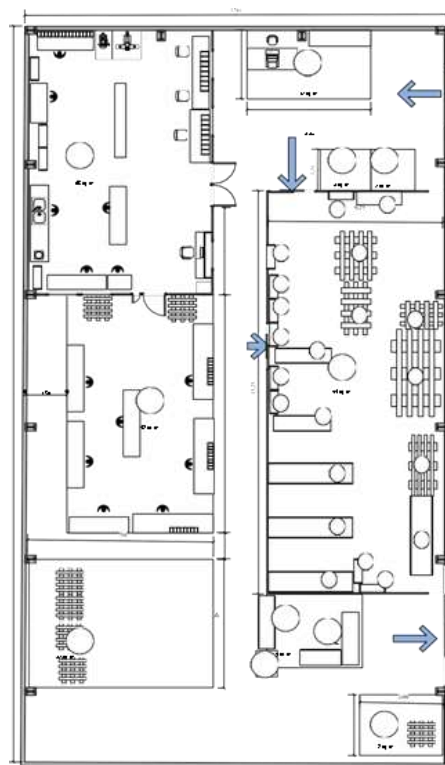
Com a metodologia elaborada espera-se obter o planejamento da disposição dos tipos de itens nas prateleiras de modo a considerar sua capacidade e atender a demanda do armazém, também espera-se obter a melhor disposição das prateleiras conforme os critérios de Ballou (2006), e otimizar o trabalho no armazém.

Com o objetivo de comprovar a eficácia da metodologia elaborada pelos autores empregou-se a mesma em uma empresa produtora de produtos odontológicos. A empresa em questão está situada no Centro-Oeste paranaense. A empresa em que foi realizado o trabalho, possui 3 famílias de produtos, sendo que cada família possui dois produtos. As famílias de produtos com que a empresa trabalha são Autoclave, Bioscaler (Aparelho de Ultrassom e Jato de

Bicarbonato) e Ledlux (Luz Halogêneo). Para produzir todos os produtos são necessários 210 componentes, dos quais a maior parte são microcomponentes.

Inicialmente foi reproduzida a Área do Armazém, representada no layout do armazém contemplando os elementos utilizados na armazenagem, como prateleiras e pallets e os fluxos relacionados ao mesmo. A Figura 2 representa o atual layout da Empresa contemplando a Produção e o Armazém.

Figura 2 – Layout atual da empresa



Legenda da Figura 2: Quarentena (1); Inspeção e Recebimento (2); Material não conforme (3); Estoque de matéria-prima/Armazém (4); Linha de Montagem de Periféricos (5); Linha de Montagem de Biossegurança (6); Estoque produtos acabados Ledlux (7); Estoque produtos acabados Bioscaler (8); Estoque de produtos acabados Autoclave (9); Expedição (10); Armazenagem para despacho (11).

Observa-se na Figura 2 que existem duas linhas de montagem: uma destinada a montagem de periféricos e outra linha de montagem de biossegurança na qual são montadas apenas os produtos da família de Autoclaves. Na Figura, ainda estão representadas as Prateleiras (E), juntamente com a numeração referente ao tipo de configuração da mesma; os Pallets (P), juntamente com a numeração referente ao seu tipo de configuração, e; o Armário (A).

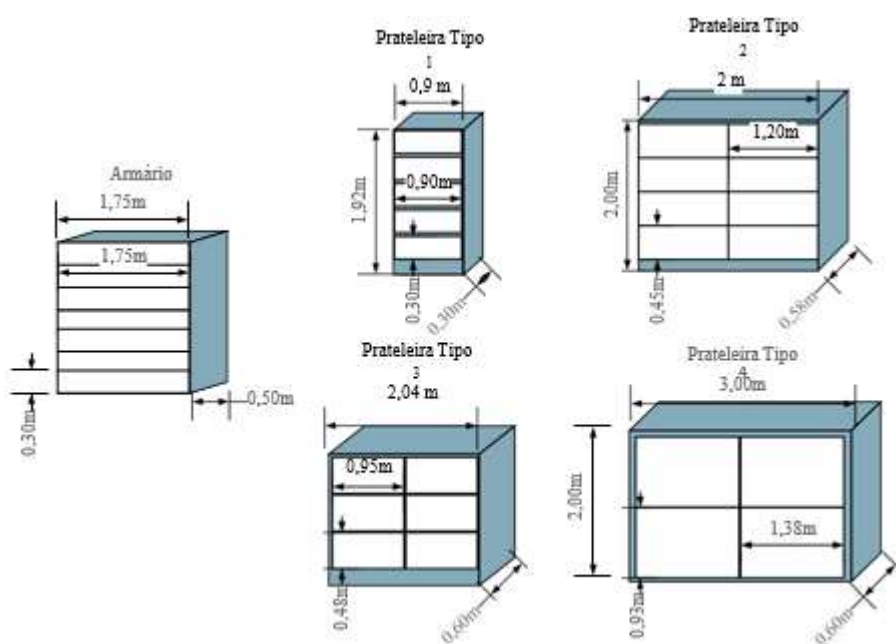
As peças que são utilizadas na montagem dos produtos, bem como os componentes utilizados nas montagens das peças são acondicionados no armazém. Esses materiais são classificados de acordo com o tipo de montagem em que são empregados: montagem e pré-montagem de componentes; e, pré-montagem terceirizada, em que são empregados componentes montados fora da empresa.

Para estimar a necessidade de estoque, foi utilizada uma previsão fornecida pelo MRP da Empresa, no ano de 2015, em que os meses com maior quantidade de produtos em estoque são os meses de setembro e outubro. Essa situação ocorre porque, em geral, os materiais do estoque devem ser comprados com três meses de antecedência.

Para estimar a capacidade física de estoque, os locais de armazenamento de itens foram mensurados e suas especificações foram documentadas e reproduzidas graficamente em escala reduzida.

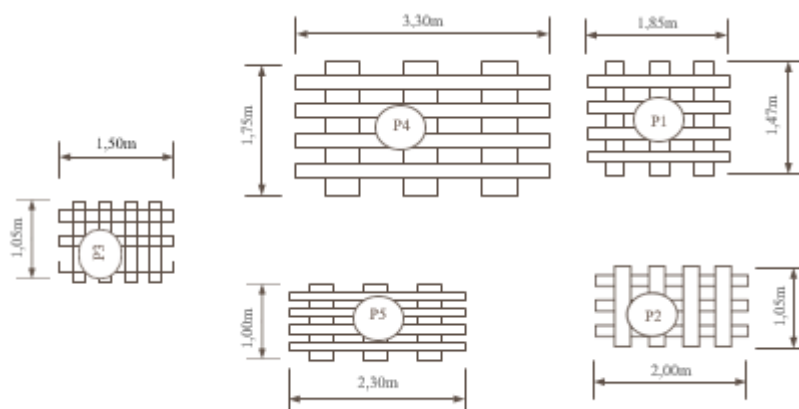
A Figura 3 apresenta a representação das prateleiras e armários com suas medidas.

Figura 3 – Prateleiras e armário com suas respectivas especificações



Na Figura 4 são apresentados os modelos de pallets e suas respectivas especificações.

Figura 4 – Paletes com suas respectivas especificações



Como os gaveteiros têm a mesma configuração, mas variam o tamanho, por serem utilizados em prateleiras de tamanhos diferentes, foi utilizada a Figura 5 para apresentar a sua configuração e na Tabela 2 são apresentadas suas medidas.

Figura 5 – Gaveteiro plástico



Tabela 2 – Tamanhos dos gaveteiros e suas respectivas legendas

Características	Gaveteiro 1	Gaveteiro 2
Largura (cm)	9	22
Altura (cm)	7,5	17
Profundidade (cm)	17	30

Após conhecer os elementos utilizados na armazenagem procurou-se identificar a necessidade de gaveteiros (subconjuntos das prateleiras) e outras unidades de acondicionamento que eventualmente podem ser necessárias para acondicionar os produtos dentro das prateleiras, para isso foi criada uma tabela onde foi avaliada a necessidade de unidades de acondicionamento, essa tabela contempla os campos: i) Código; ii) Nome do Item; iii) Uso; iv) Unidade de acondicionamento; v) Necessidade de Estoque; e; vi) Quantidade de unidades de acondicionamento. A Figura 6 apresenta uma parte da tabela como exemplo.

Figura 6 – Tabela de Planejamento da capacidade.

Código	Nome do Item	Uso	Unidade de acondicionamento	Capacidade da unidade de acondicionamento	Necessidade de estoque	Quantidade unidades de acondicionamento
001554	Cabunho 0,2 mm preto	Pre-montagem terceirizada	Gaveteiro 2	1.600 m	333,45 m	1
001555	Cabunho 0,2 mm Vermelho	Pre-montagem terceirizada	Gaveteiro 2	1.600 m	429,5 m	1
001559	PCF2-022 terminal conector	Pre-montagem terceirizada	Gaveteiro 2	4.000 und	695 und	1
001560	PCT2 Terminal para conector	Pre-montagem terceirizada	Gaveteiro 2	4.000 und	1.805,00 und	1
001548	Cabunho 0,2 mm marrom	Pre-montagem terceirizada	Gaveteiro 2	1.600 m	311,22 m	1
001546	Cabunho 0,2 mm Amarelo	Pre-montagem terceirizada	Gaveteiro 2	1.600 m	308 m	1
001549	Cabunho 0,2 mm Laranja	Pre-montagem terceirizada	Gaveteiro 2	1.600 m	1.072 m	1

Sugeriu-se que alguns itens fiquem diretamente nas prateleiras devido ao tamanho por serem itens grandes, nesse caso no Campo unidade de acondicionamento foi denominado “diretamente na prateleira”. Como a montagem ocorre para as três famílias de produtos, no caso da montagem no campo uso para essa etapa, aparece “montagem” e a respectiva família de produto em que o componente é utilizado, de modo a facilitar a alocação de produtos por família na etapa posterior.

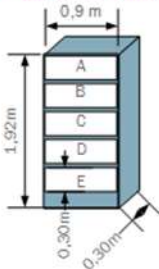
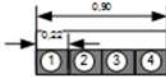
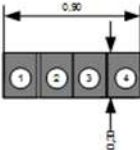
Nesta etapa, percebeu-se a necessidade de mais gaveteiro maior, pois havia itens maiores que são alocados em caixas. Desta forma, foi recomendada a compra de um terceiro gaveteiro. A Tabela 5 descreve o tamanho ideal do gaveteiro.

Tabela 5 – Tamanho do gaveteiro sugerido

Características	Medida
Largura (cm)	38
Altura (cm)	25
Profundidade (cm)	57

Após realizada a estimativa para a necessidade de unidades de acondicionamento que compõe as prateleiras, então foi necessário estimar a necessidade de prateleiras e alocar os itens. Para facilitar à identificação dos itens as prateleiras foram nomeadas e foi criada uma tabela virtual, para facilitar à visualização e a etapa de planejamento as reproduções em escala reduzida dos itens nas secções também se encontram na tabela, as representações se encontram sobre uma visão frontal e superior das prateleiras devido ao fato de o Visio ser um software 2D.

Figura 7 – Tabela de Planejamento das prateleiras e alocação dos itens.

Prateleira 3				
Tipo 1				
Orientação da Prateleira				
Principal uso: <u>Pre montagem Bioscaler</u>				
				
Orientação das Seções das prateleiras <u>A, B, C, D, E.</u>	Visão Frontal	Visão Superior		
				
Alocação de itens Prateleira 3				
Seção	Número	Código	Item	Forma de acondicionamento
A	1	001408	Anel <u>Oring</u> – 220 reservatório	Gaveteiro 2
	2	001046	Anel externo reservatório <u>Bioscaler</u>	Gaveteiro 2
	3	001072	Conexão injetora fina	Gaveteiro 2
	4	001408	Anel <u>Oring</u> – 220 reservatório	Gaveteiro 2
B	1	001046	Anel externo reservatório <u>Bioscaler</u>	Gaveteiro 2
	2	001012	<u>Niple</u> fino Di 1,5 x 2,5 mm	Gaveteiro 2
	3	001008	<u>Niple</u> grosso 1 x 5 mm	Gaveteiro 2
	4	002010	Valvula do copo do Filtro	Gaveteiro 2
C	1	001135	Boca <u>9,16"</u> m12x1 - dreno	Gaveteiro 2
	2	001035	Engate de AR fino	Gaveteiro 2
	3	001035	Engate de AR fino	Gaveteiro 2
	4	002009	Arruela cobre (Blank arruela dupla)	Gaveteiro 2

A etapa 4 da metodologia, que consiste em classificar e alocar os itens nas prateleiras é resumida pelas tabelas apresentadas nas Figuras 6 e 7, por meio das duas tabelas foi possível classificar e alocar os itens nas prateleiras.

Ressalta-se que no caso de seções de uma mesma prateleira, usou-se uma mesma configuração para organizar as unidades de acondicionamento, ao invés de desenhar um esquema com as orientações para cada seção, apenas repetiu-se a letra da seção no mesmo esquema apresentado.

Após classificados os itens e preenchidas as prateleiras conforme a classificação restou alguns itens que não haviam sido alocados, pois as prateleiras de seu tipo de montagem já estavam preenchidas. Porém, não se constatou a necessidade de aquisição de mais prateleiras, visto que apesar de as prateleiras grandes terem sido todas ocupadas parcialmente na etapa anterior e ainda sobraram duas prateleiras do tipo 1.

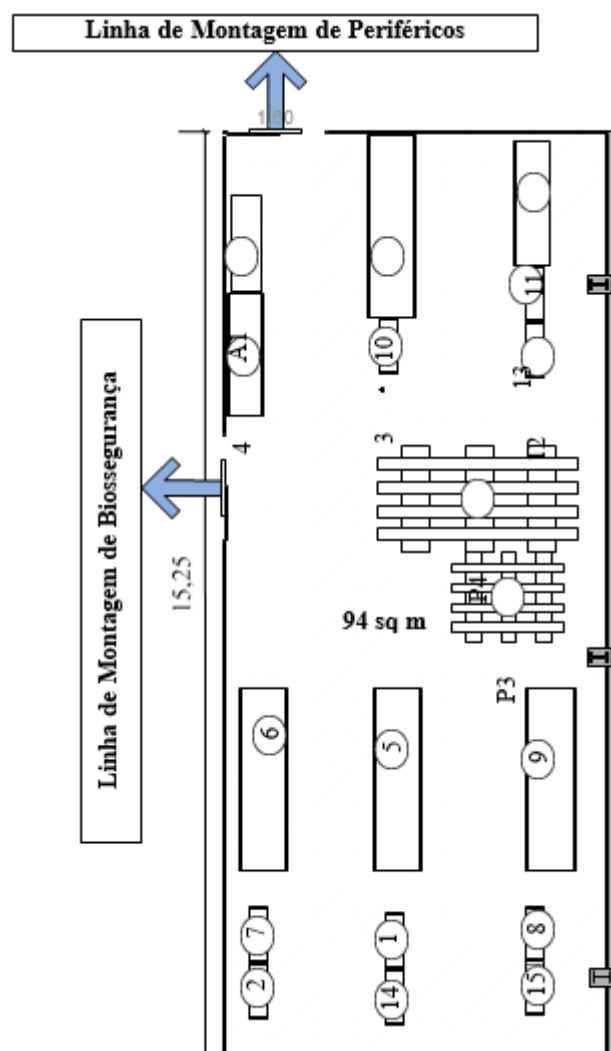
Dessa forma como recomenda a etapa 5 da metodologia que consiste em alocar itens não alocados, esses itens foram alocados nas prateleiras com espaço, em que havia itens semelhantes de outras famílias ou outros tipos de montagem, a exemplo, as mangueiras utilizadas em um tipo de família,

entraram na mesma prateleira e os reservatórios e mangueiras de água de outra família. Dessa forma não foi necessário planejar a aquisição de novas prateleiras

Após realizadas as etapas 5 e 4 da metodologia foi possível obter o planejamento dos itens nas prateleiras e a sua localização por meio das tabelas.

Na última etapa da metodologia foi construído um layout para o armazém, apresentado na Figura 8. Nele, as prateleiras foram dispostas conforme os critérios de popularidade dos itens. Nesta etapa, com os itens já alocados e as prateleiras já numeradas, procurou-se alocar as prateleiras no layout da área de armazenagem da empresa.

Figura 8 – Layout proposto para o armazém da empresa



As legendas das prateleiras e demais suportes para o armazenamento dos produtos estão detalhadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Legendas e informações referentes aos suportes para armazenamento de produtos, dispostas no novo layout da empresa (Figura 5).

Prateleira	Tipo	Uso	Legenda
Armário	--	Componentes Elétricos (geral)	A1
Paletes 1	--	Caixas de papelão	P4
Paleta 2		Caixas de papelão	P3
Prateleira 1	1	Pré-montagem Terceirizada	1
Prateleira 2	1	Pré-montagem Autoclave	2
Prateleira 3	1	Pré-montagem Bioscaler	3
Prateleira 4	2	Reservatórios e Mangueiras Bioscaler e autoclave	4
Prateleira 5	4	Montagem autoclave (chassi e suporte autoclave)	5
Prateleira 6	4	Montagem autoclave (painel e chassi)	6
Prateleira 7	1	Montagem autoclave	7
Prateleira 8	1	Montagem autoclave	8
Prateleira 9	4	Montagem autoclave (cuba e suporte)	9
Prateleira 10	4	Montagem Bioscaler	10
Prateleira 11	3	Montagem Led lux	11
Prateleira 12	1	Montagem Led lux	12
Prateleira 13	1	Montagem Led lux	13
Prateleira 14	1	Compras de rua	14
Prateleira 15	1	Materiais inutilizados	15

As prateleiras foram organizadas conforme a demanda dos produtos, de maneira geral componentes de maior demanda e componentes mais pesados ficaram próximos das saídas de suas linhas montagem, assim espera-se otimizar o trabalho da movimentação de materiais dentro do armazém.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego de projeções gráficas em escala reduzida para simular as unidades de acondicionamento e as prateleiras permitiu planejar a alocação dos itens. Sendo eficaz tanto para o planejamento da aquisição de mais unidades de acondicionamento e prateleiras caso necessário, quanto para planejar sua reordenação de modo a facilitar o trabalho da movimentação de materiais no armazém.

A metodologia aplicada para estimar a capacidade de armazenagem nas prateleiras e a alocação dos itens, se mostrou eficaz para essa função. Caso o planejamento do layout seja seguido pela empresa, por meio do layout da Figura 8 e das tabelas de planejamento das prateleiras e alocação dos itens como os da figura 7, será obtido o mapeamento dos itens no armazém. Para encontrar os itens será necessário digitar o nome ou código do item no Microsoft Word e usar a função localizar ou ainda pode-se passar as tabelas para o Microsoft Excel e usar-se o mesmo recurso. Porém caso isso ocorra

serão etiquetadas as prateleiras de modo a identificar sua numeração e seções e também manter as tabelas atualizadas para que seja possível identificar todos os itens no armazém.

Com a metodologia utilizada no trabalho, foi possível contribuir para as empresas de diversas formas, como permitir identificar os melhores locais para dispor itens conforme as diferentes demandas que as famílias possuem, de modo que se otimize o trabalho da movimentação de materiais, reduzindo o tempo.

Outra vantagem foi a identificação dos itens no armazém, isso permite eliminar a dependência das empresas por parte de funcionários responsáveis por estoque, que no casos de empresas em que não mapeamento geralmente são os únicos a conhecer a localização dos itens. Assim o mapeamento e organização do estoque contribui para ganho de tempo, e a metodologia é eficaz para sua implementação.

Sugere-se o uso de softwares em 3D para o planejamento dos itens nas prateleiras em trabalhos futuros visto que nesse caso não é necessário representar os itens nas prateleiras sobre duas vistas, para conhecer a real capacidade de armazenagem das prateleiras.

REFERÊNCIAS

- ABEPRO - Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2008. Áreas e Subáreas da Engenharia de Produção. Disponível em: 27 de out. 2015. Acesso em: 10 nov. 2015.
- ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BR). (2013, 28 de Março) Resolução RDC n.º 16, de 28 de Março de 2013. Aprova o Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação de Produtos Médicos e Produtos para Diagnóstico de Uso In Vitro e dá outras providências (seção 1, n. 16, pp. 1-20) Brasília, DF: Diário Oficial da União.
- BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos: planejamento, organização e logística empresarial. 4., ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos/Logística Empresarial. 5., ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER. Gestão Logística da Cadeia de Suprimentos. 1., ed. Porto Alegre: Bookma, 2006.
- GUEDIN, G. R.; BAÚ, J.; ZIERK, L. K.; BORBA, M. Proposta de um arranjo físico para o almoxarifado de uma empresa do setor privado. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 16., 2009. Bauru. Anais... Bauru: UNESP, 2009.
- GOMES, C. F. S. (2004). Gestão da Cadeia de Suprimentos: Integrada à Tecnologia da Informação. (1 ed.) São Paulo: Pioneira Thomson Learning.
- NISHIUMRA, S. V. (2010). Estudo de capacidade de armazenagem do almoxarifado de uma indústria farmacêutica. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- TOLEDO, I. B. JR. Layout: Arranjo Físico. 8., ed. Mogi das Cruzes: O&M Itys Fides, 2004.
- SILVA, Y. L. T. V.; MAIA, R. R. B.; BORGES, F. M. A importância do planejamento do layout na gestão de materiais: um estudo de caso em uma multinacional produtora de artigos esportivos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33., 2013. Salvador. Anais... Salvador: ABEPRO, 2013.

Capítulo 7



10.37423/230607945

IMPLANTAÇÃO DE MATRIZ FOTOVOLTAICA NO IFFLUMINENSE – CAMPUS ITABORAÍ: UMA ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE FONTES RENOVÁVEIS DISTINTAS DE ENERGIA ELÉTRICA

LUIZ ALBERTO OLIVEIRA LIMA ROQUE

Luís Fernando Fernandes Pimentel

Wanderson Amaral da Silva

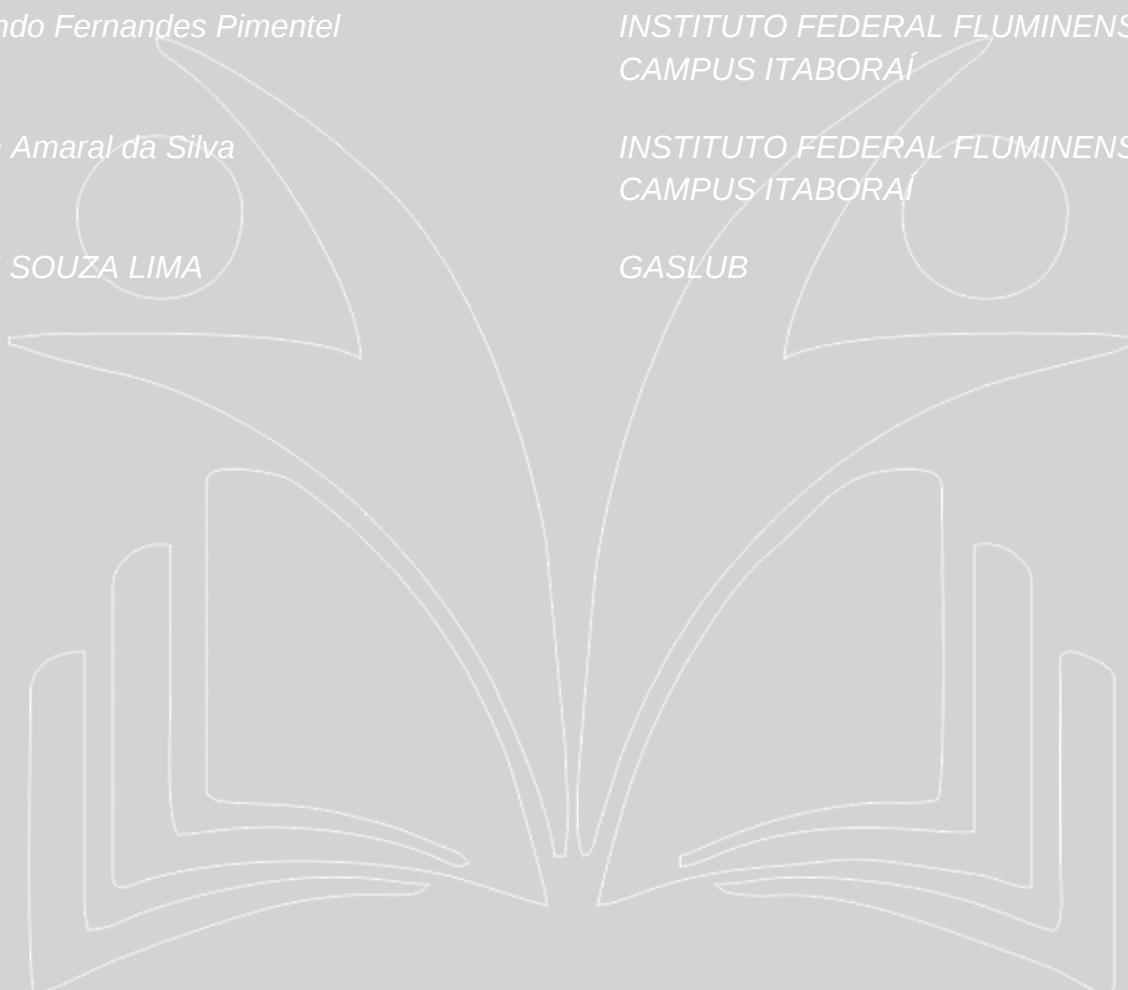
JONNY DE SOUZA LIMA

*INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE -
CAMPUS MACAÉ*

*INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE -
CAMPUS ITABORAÍ*

*INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE -
CAMPUS ITABORAÍ*

GASLUB



Resumo: Matrizes energéticas não renováveis ainda são bastante utilizadas, apesar do caráter finito de suas fontes, e do agravamento do efeito estufa provocado pelo envio à atmosfera dos gases gerados por sua queima, que vem causando transformações climáticas há décadas, como a elevação da temperatura média planetária, acompanhado do aumento do nível dos oceanos, que poderá alagar cidades praianas. Para evitar esse cenário caótico, precisa-se substituir fontes energéticas não renováveis para matrizes renováveis, baseadas em energia eólica, hidrelétrica, fotovoltaica, biomassa, geotérmica ou oceânica. O Brasil depende majoritariamente de fontes de energia hidrelétrica, que por sua vez necessitam do regime constante de chuvas, que foi prejudicado pelo agravamento do efeito estufa, reduzindo o potencial gerador baseado em energia hidrelétrica. Grande parte do território brasileiro recebe considerável irradiação de luminosidade solar, abrindo espaço para implantação de fontes fotovoltaicas de energia, cuja principal vantagem consiste no baixíssimo impacto ambiental, e na considerável atenuação da conta mensal de eletricidade, podendo a energia ser revendida às concessionárias, em períodos de pouco uso. Uma das maiores despesas institucionais vem do consumo de energia elétrica, especialmente em estados cuja temperatura média anual é elevada, devido à necessidade de uso contínuo dos aparelhos de ar-condicionado. Dessa forma, projetos que modifiquem matrizes energéticas hidrelétricas para fotovoltaicas são bastante vantajosos tanto numa visão financeira, quanto sob o aspecto ambiental. O Campus Itaboraí do Instituto Federal Fluminense (IFF) se localiza no município homônimo, situado na região metropolitana do estado do Rio de Janeiro. Essa instituição de ensino é bastante recente, sendo seu fornecimento de eletricidade oriundo de concessionária hidrelétrica. Pelos supracitados motivos decidiu-se elaborar este trabalho, que apresenta projeto para implantar matriz energética fotovoltaica no IFF - Campus Itaboraí.

Palavras chave: Energias Renováveis; Painéis fotovoltaicos; Gestão ambiental responsável; Economia sustentável.

1 INTRODUÇÃO

Segundo EPE (2023), a matriz energética mundial é predominantemente constituída por fontes não renováveis, como carvão mineral, gás natural, petróleo e derivados, que juntos compõem 80% do total. Apenas 15% das fontes energéticas em todo o mundo são consideradas renováveis, sendo oriundas de biomassa, energia hidráulica, solar, eólica, geotérmica, hidrogênio verde (obtido por eletrólise da água) e outros. Os 5% restantes da matriz energética global são gerados por fontes não renováveis.

Conforme Roque (2017) transformações antropogênicas agravam o lançamento de gases do efeito estufa à atmosfera, devido à utilização em grande escala de fontes energéticas não renováveis. O autor salienta que o grande lançamento de dióxido de carbono na atmosfera vem elevando anualmente a temperatura média global, cujos efeitos já são percebidos, com a elevação do nível oceânico e grandes mudanças climáticas, caracterizadas por tempestades, precipitações pluviométricas exacerbadas e períodos de intensa seca.

EPE (2023) salienta que o perfil energético brasileiro se destaca em relação ao mundial, devido à utilização de 48,4% da matriz energética se originar de fontes renováveis. Entretanto, 51.6% da matriz brasileira ainda recebe energia de fontes não renováveis. Embora este percentual esteja bem abaixo do perfil energético mundial, as mudanças climáticas se intensificaram a tal ponto que há uma movimentação em escala global para atenuar a dependência de fontes não renováveis, numa tentativa de reverter mudanças climáticas que são observadas há vários anos.

De acordo com EPE (2023), a matriz elétrica mundial também é majoritariamente oriunda de fontes não renováveis, que representam 71.4% do total, enquanto as fontes renováveis totalizam 28.6%. A matriz elétrica brasileira é ainda mais renovável que a energética, sendo 82.9% de seu total oriundo de fontes renováveis, e apenas 17.1% são obtidos de fontes não renováveis.

EPE (2023) destaca ainda que o perfil energético elétrico do Brasil tem a seguinte distribuição: fontes hidráulicas (56.8%), biomassa (8.2 %), eólica (10.6%), solar (2.5%), gás natural (12.8%), derivados de petróleo (3%), nuclear (2.2%) e carvão (3.9%).

A maior parcela da energia elétrica brasileira se origina de fontes hidráulicas, que são renováveis. Apesar de seu caráter energético limpo, usinas hidrelétricas têm grande impacto ambiental. Barros, Brabo e Ferreira (2020) destacam que transformações sobre fauna, flora e população nativa podem inviabilizar os benefícios da geração hidrelétrica.

As graves modificações na biodiversidade ocorrem por vários motivos. Um deles é o alagamento de áreas imensas, que resulta no sacrifício de milhares de árvores e vegetais, que eram fonte de alimento para a fauna. Sem contabilizar o agravamento de efeito estufa causado pela diminuição das reações de fotossíntese no ecossistema, que depuravam o dióxido de carbono atmosférico. Outro aspecto é a interferência no ciclo reprodutivo de peixes, diminuindo a população de animais aquáticos, e inviabilizando a pesca como forma de sobrevivência de populações ribeirinhas.

Por outro lado, há matrizes renováveis cujo impacto ambiental não é tão exacerbado. Dentre elas Araújo e Moura (2017) destacam a forma eólica de gerar eletricidade, cujo principal incômodo é o enorme ruído gerado por suas turbinas, fazendo com que usinas elétricas baseadas na energia dos ventos precisem ser necessariamente implantadas longe de centros urbanos. Apesar da energia eólica possibilitar geração de eletricidade renovável, sua relação custo-benefício pode ser alta, uma vez que a instalação de parques eólicos necessita de grandes áreas, surgindo a demanda por ações judiciais com vistas à desapropriação de terras. Dessa forma, há impactos socioambientais causados pela geração eólica de energia elétrica.

O Brasil é um país cortado pela linha do equador. Por esse motivo, grande parte de seu território recebe considerável irradiação de luminosidade solar. Essa constatação abre espaço para implantação em massa de fontes fotovoltaicas de energia, cuja principal vantagem consiste no baixíssimo impacto ambiental, e na considerável atenuação da conta mensal de eletricidade, podendo a energia ser revendida às concessionárias, em período de pouco uso. Uma das maiores despesas orçamentárias vem do consumo de energia elétrica, especialmente em estados quentes, devido à necessidade de uso contínuo dos aparelhos de ar-condicionado. Assim, projetos que modifiquem matrizes energéticas hidrelétricas para fotovoltaicas são bastante vantajosos tanto numa visão financeira, quanto sob o aspecto ambiental.

Serviços públicos de países em desenvolvimento sofrem com déficit orçamentário, especialmente na área de educação. O Campus Itaboraí do Instituto Federal Fluminense de Educação, Ciência e Tecnologia (IFF) é bastante recente, e tem como principal objetivo proporcionar à população acesso ao ensino profissionalizante de qualidade e gratuito, tendo como vocação energias e sustentabilidade. Dessa forma, a referida instituição tem grande potencial como agente modificador da realidade comunitária do município de Itaboraí, e suas cidades adjacentes, ofertando à população cursos, e projetos de ensino, pesquisa, extensão, qualificação, capacitação e inovação.

O fornecimento de eletricidade do Campus Itaboraí do IFF é oriundo de concessionária hidrelétrica. Considerando os impactos negativos de matrizes hidráulicas energéticas sobre o meio ambiente, juntamente com o potencial econômico da geração de energia elétrica a partir da luz solar, decidiu-se por estes motivos elaborar o trabalho de conclusão de curso como artigo que apresente projeto para implantar matriz energética fotovoltaica no IFF - Campus Itaboraí.

2 IMPLANTAÇÃO DA MATRIZ FOTOVOLTAICA NO CAMPUS ITABORAÍ

Segundo IFF (2022), o Projeto Político Pedagógico (PPP) do Campus Itaboraí foi elaborado levando-se em conta os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030, estabelecida pela Organização das Nações Unidas (ONU). Dentre os 17 ODS, destacam-se os seguintes para o PPP do IFF de Itaboraí: ODS 1, tratando da erradicação da pobreza; ODS 2, sobre fome zero e agricultura sustentável; ODS 3, a respeito de saúde e bem estar; ODS 4, que se refere à oferta de educação inclusiva, equitativa e de qualidade; ODS 7, salientando a necessidade de energia limpa e acessível; ODS 8, a respeito de trabalho decente e crescimento econômico; ODS 9, acerca de indústria, inovação e infraestrutura; ODS 10, abordando a redução das desigualdades e finalmente a ODS 11, que trata de cidades e comunidades sustentáveis.

O corpo docente e discente do Campus Itaboraí é qualificado, estando preparado para atender ao quarto ODS. A oferta de educação de qualidade ao município de Itaboraí e adjacências contribuirá para a qualificação das populações locais, contribuindo para o cumprimento do oitavo ODS. Com instrução educacional os habitantes de municípios próximos a Itaboraí estarão mais qualificados, aptos ao desempenho de empregos mais técnicos, contribuindo desta forma para o crescimento econômico, juntamente com a erradicação da pobreza, da desigualdade e da fome, conforme preconizam ODS 1, 2 e 10.

Entretanto, os ODS 7 e 11 destacam respectivamente a necessidade de energia limpa e comunidades sustentáveis. Dessa forma, o objetivo geral deste artigo está em conformidade com o projeto político pedagógico do Campus Itaboraí, por apresentar uma proposta de fornecimento de energia elétrica através de células fotovoltaicas, que são mais sustentáveis do que a geração hidrelétrica, além da possibilidade de retorno financeiro, através de revenda à concessionária do excedente energético gerado.

Conforme IFF (2022), o terreno do Campus Itaboraí é localizado próximo ao Centro do município, tendo uma extensão de 34.825 metros quadros, dos quais 6.802 são referentes à área edificada, que

agrega auditório, biblioteca, blocos acadêmicos e administrativos, sala de professores, quadra, laboratórios e demais setores. Todas essas instalações construídas são caracterizadas por uma potência elétrica instalada que deve ser conhecida, para viabilizar as especificações dos painéis fotovoltaicos, que possam atender à demanda energética local. Conforme tabela 1, a potência atual é igual a 530,71 kW, cujo valor será utilizado nos cálculos dos coletores de energia solar, na próxima seção.

Tabela 1 – Levantamento de Potência do Campus Itaboraí

Equipamentos	Descrição	Potência (WATTS)	Qtd.	Total
Equipamentos Específicos	Labs. Química	13646	1	13646
	Lab Informática			
Computadores	P4	275	21	5775
	Lab Informática			
Computadores	P5	630	21	13230
Computadores	Administrativos	275	19	5225
Notebook	Administrativos	238	3	714
Projetores	Salas de Aula	532	1	532
	Condicionador de			
Refrigeração	Ar 9000BTU	2636,1	3	7908,3
	Condicionador de			
Refrigeração	Ar 12000BTU	3514,8	7	24603,6
	Condicionador de			
Refrigeração	Ar 18000BTU	5272,2	4	21088,8
	Condicionador de			
Refrigeração	Ar 24000BTU	7029,6	35	246036
	Condicionador de			
Refrigeração	Ar 30000BTU	8787	1	8787
	Condicionador de			
Refrigeração	Ar 55000BTU	16109,5	8	128876
Tablets	Tecnoteca	70	20	1400
Câmeras	Tecnoteca	4,8	4	19,2
Gravador de Imagens	Tecnoteca	96	1	96
Notebook	Tecnoteca	224	1	224
TV	Tecnoteca	395	1	395
Impressora 3D	Tecnoteca	350	1	350
Equipamentos de Rede	Tecnoteca	292	1	292
Equipamentos de Rede	Sala de TI	292	10	2920
Impressora 3D	Lab. Maker	350	1	350
TOTAL (kW)				530,71

Fonte: Própria.

Considerando que o Campus funciona de 7h às 22h, haverá atividades acadêmicas 15 horas por dia e, conseqüentemente $15 \times 30 = 450$ horas mensais. Durante 12 meses isso resultará em atividade anual de 12×450 horas = 5400 horas. Portanto, o consumo total anual (CT) será o produto entre a potência

e a atividade anual em horas, ou seja: $CT = 5400h \times 530,71KW = 2.865.834 \text{ KWh}$. Dessa forma, deduz-se que o consumo mensal médio durante um ano (CM) será igual a consumo total (CT) dividido por 12, isto é: $CM = (2.865.834/12) \text{ KWh} = 238.819,5 \text{ KWh}$

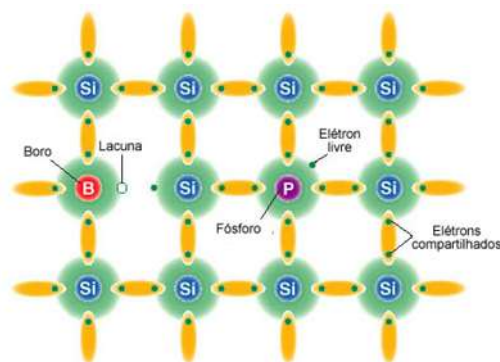
O consumo diário médio durante um mês (CD) do Campus Itaboraí em KWh é dado pelo produto de sua carga pelo número de horas por dia em funcionamento, ou seja, $CD = 530,71KW \times 15h$. Logo, $CD = 7.960,65 \text{ KWh}$. Este será o consumo utilizado como referência no cálculo do número de painéis fotovoltaicos, que também pode ser obtido dividindo CM por 30.

2.1 ESPECIFICAÇÕES DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Fadigas (2012) destaca que o efeito fotovoltaico foi descoberto pelo francês Alexandre Becquerel, em 1839, quando ele verificou que luz incidente sobre junções semicondutoras positivas (P) e negativas (N), dopadas com impurezas, gerava uma diferença de potencial de 0,7 volts.

Segundo Roque (2017), o silício pertence à família química 4A, que apresenta 4 elétrons na camada de valência. O Boro é um elemento químico da família 3A, que tem 3 elétrons na última camada.

Figura 1 – Dopagem de semicondutores



Fonte: <http://www.infoescola.com>. Acesso em 24/02/2023

Quando o Silício se associa com o Boro, ligações covalentes são realizadas entre os elementos químicos, visando à estabilidade na última camada, que será conseguida com 8 elétrons, conforme o lado esquerdo da figura 1, destacado pelo círculo vermelho. Entretanto, a falta de 1 elétron na camada de valência do Boro faz com que o portador majoritário seja uma lacuna, caracterizando este material como semicondutor do Tipo P.

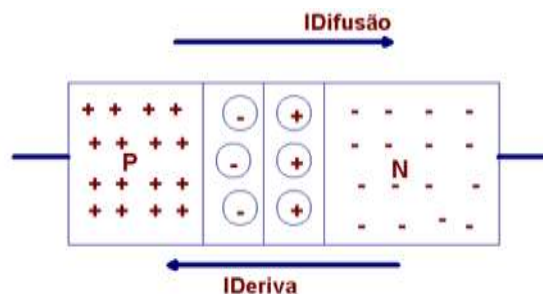
O Fósforo é um elemento químico da família 5A, que tem 5 elétrons na última camada. Quando o Silício se associa com o Fósforo, ligações covalentes são realizadas entre os elementos químicos,

visando à estabilidade na última camada, que será conseguida com 8 elétrons, conforme o lado direito da figura 1, destacado pelo círculo roxo.

Como a camada de valência de um elemento químico se estabiliza quando compreende 8 elétrons, desta forma os excedentes estarão fracamente associados ao núcleo do átomo. Assim, haverá excesso de 1 elétron na última camada do Fósforo, fazendo com que o portador majoritário seja este elétron livre, caracterizando o material como semiconductor do Tipo N.

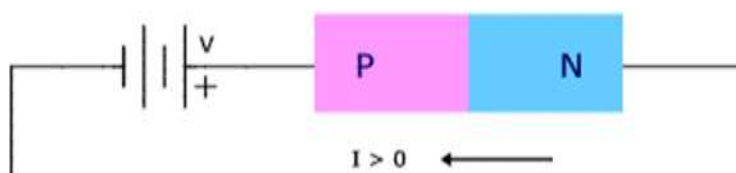
Quando se unem semicondutores do tipo P e do tipo N, de acordo com a figura 2, elétrons livres se difundem para o lado P, enquanto lacunas fluem para o lado N, de acordo com a figura 2.

Figura 2 - Junção PN



Fonte: www.lsi.usp.br. Acesso: 24/02/2023

Figura 3 – Diodo polarizado diretamente



Fonte: www.mspc.eng.br Acesso: 24/02/2023

Devido à diferença de concentração entre os materiais, nem todo o elétron livre que flui para o lado P consegue se recombinar com os portadores majoritários do tipo P, que são as lacunas. Os elétrons que não conseguiram se associar com as lacunas no lado P ficam presos à esquerda da junção. Analogamente, as lacunas que fluíram para o lado N, e não conseguiram se recombinar com os elétrons livres, ficam retidas à direita da junção, doravante denominada barreira de potencial (BP).

A junção PN é denominada diodo retificador, e a figura 3 apresenta um esquema da polarização direta do dispositivo eletrônico. O polo positivo da bateria atrai os elétrons livres presos no lado esquerdo da barreira de potencial, enquanto o polo negativo se associará às lacunas retidas à direita da mesma.

Dessa forma, a região de depleção será vencida para uma tensão maior que 0,7 volts, fazendo com que o diodo funcione como uma chave comutadora.

Segundo Peroza (2015), o efeito fotovoltaico age sobre o diodo semicondutor fornecendo aos elétrons e lacunas contidos na região de depleção energia suficiente para vencer a barreira de potencial, gerando uma tensão contínua de 0,7 volts. Para gerar uma tensão (V) da ordem de 49 volts, um módulo fotovoltaico necessitaria de 70 células ou diodos semicondutores associados em série, pois $V = 70 \cdot (0,7) = 49$ volts.

Como a maioria dos dispositivos utilizados é de corrente alternada, um sistema fotovoltaico necessita de inversores, para converter a tensão contínua gerada por painéis solares em tensão alternada, que alterna sua polaridade em ciclos por segundos (hertz).

De acordo com a figura 4, sistemas de geração de energia elétrica através de luminosidade são constituídos de painéis fotovoltaicos, controladores de carga, baterias e inversores de corrente contínua para alternada (DC/AC).

Figura 4 – Componentes de sistemas de energia elétrica fotovoltaica



Fonte: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/sistemas-de-energia-solar-fotovoltaica-e-seus-componentes>. Acesso: 26/02/2023.

As baterias são carregadas enquanto há incidência de energia luminosa sobre os painéis fotovoltaicos. Em dias de tempo totalmente encoberto ou à noite, o inversor é alimentado pelas baterias, que converte a tensão contínua das mesmas em alternada, dando continuidade à alimentação dos dispositivos eletroeletrônicos, conectados às instalações elétricas.

Conforme CRESESB (2006), controladores de carga evitam sobrecargas ou descargas acentuadas sobre a bateria, proporcionando maior durabilidade à mesma, através desta atuação como uma válvula de energia elétrica.

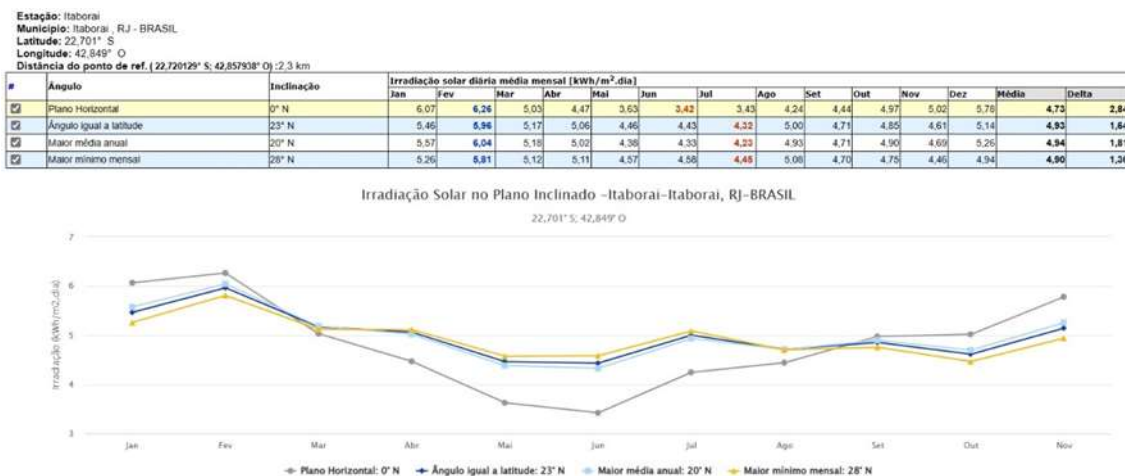
O projeto do sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica requer especificações de painéis, inversores, baterias, controladores, custos de instalação, orçamento e informações sobre fontes de financiamento.

2.1.1 ESPECIFICAÇÕES DOS PAINÉIS FOTOVOLTAICOS

O dimensionamento dos painéis fotovoltaicos foi realizado de acordo com algumas aproximações, uma vez que não foi possível encontrar versões gratuitas de simuladores completos. O modelo aqui utilizado desconsidera ângulo azimutal, sombreamento e perdas por efeito joule dos cabos.

O primeiro passo do método consiste em calcular o consumo médio diário mensal, a partir da conta de energia elétrica. O consumo diário médio durante um mês (CD) foi calculado no parágrafo anterior ao início na seção 2.1, e seu valor é aproximado para 7960,65 KWh.

Figura 3 – Obtendo a Irradiação Média Anual do Campus Itaboraí



Fonte: <<http://www.cresesb.cepel.br>>. Acesso: 23/02/2023.

A etapa seguinte consiste em indicar a localização do Campus Itaboraí através de suas coordenadas geográficas, informações que podem ser obtidas por meio do aplicativo Google Maps®, que informa LT (latitude) = -22.72012860256865 e -LG (longitude) = -42.857937878896394.

Em seguida procede-se à verificação da irradiação solar média incidente no plano inclinado, em kWh/m².dia. Para alcançar esse objetivo, deve-se acessar o site do Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica (CRESESB): <http://www.cresesb.cepel.br>. Após a carga da página, clica-se sobre

Potencial Energético e depois, em Potencial Solar. No campo Coordenada geográfica, digita-se a latitude e a longitude do Campus Itaboraí, sem utilizar sinais negativos e adotando o ponto para separação de casas decimais. Após isso, clica-se sobre o botão Buscar, para obter a figura 3, onde é possível obter a irradiação média anual (I_{RMA}) no plano inclinado, utilizando a inclinação igual a latitude do local.

Procedendo conforme o parágrafo anterior, obtém-se $I_{RMA} = 4,93 \text{ kWh/m}^2.\text{dia}$.

O próximo passo compreende a especificação do módulo fotovoltaico (MFV), juntamente com as respectivas especificações técnicas.

Tabela 2 – Módulo Fotovoltaico Utilizado

Marca	Jinko Solar	
Modelo	JKM530M-72HL4-TV	
Potência de pico (W_p)	530	W
Tensão de circuito aberto (V_{OC})	49,35	V
Tensão de máxima potência (V_{MP})	40,71	V
Corrente de curto-circuito (I_{SC})	13,71	A
Corrente de máxima potência (I_{MP})	13,02	A
Eficiência	20,55	%
Dimensões	2,274 x 1,134 x 0,035	m

Fonte: Própria

A etapa seguinte consiste em calcular a produção média mensal de energia elétrica do módulo fotovoltaico através da irradiação solar média anual e do MFV escolhido, conforme a equação 1.

$$EMFV = I_{RMA} \times A \times \eta \times 30 \quad \text{Eq. 1}$$

$$I_{RMA} = 4,93 \text{ kWh/m}^2.\text{dia}$$

$$A = 2,274 \times 1,134 = 2,578716 \text{ m}^2$$

$$\eta = P_s / (A \times 10) \rightarrow P_s = 530W$$

$$\text{Logo, } \eta = 530 / 25,78716 = 20,55 \% = 0,2055$$

Assim, $EMFV = 4,93 \times 2,578716 \times 0,2055 \times 30 = 78,376 \text{ KWh}$ mês será a energia gerada por cada módulo fotovoltaico num período de trinta dias.

Para finalizar os cálculos, torna-se necessário especificar a quantidade de painéis fotovoltaicos (N_{MFV}), dado que é calculado a partir da equação 2.

$$N_{MFV} = \frac{CD}{E_{MFV}} \times 1,25 \quad \text{Eq. 2}$$

$$\text{Portanto, } N_{MFV} = \frac{7.960,65}{78,376} \times 1,25 \approx 127$$

Dessa forma, serão necessários 127 módulos fotovoltaicos para zerar o consumo do Campus Itaboraí. Tendo finalizado os cálculos sobre a quantidade necessária de módulos fotovoltaicos para suprir a demanda do IFF Itaboraí, resta elaborar a estimativa de custos da aquisição. Realizando levantamento de preços em quatro endereços da internet, das empresas Energia Total, Carrefour e Casas Bahia, verificou-se que o preço médio do MFV escolhido está na faixa de R\$ 1.297,95. Dessa forma, uma estimativa para a aquisição de 127 módulos fotovoltaicos é de R\$ 164.791,00.

2.1.2 ESPECIFICAÇÕES DOS INVERSORES

Silva, Anabuck e Lopes (2018) salientam que a especificação de inversores deve contemplar a tensão fornecida pelos painéis fotovoltaicos, bem como a potência especificada para o conjunto. Considerando que a potência gerada pelos painéis solares que não for consumida pela carga instalada será vendida para a concessionária de energia hidrelétrica, a tensão de operação do módulo fotovoltaico será a de máxima potência, ou seja, $V_{MP} = 40,71$ volts.

Como o sistema projetado contempla 127 painéis coletores, propõe-se que os mesmos tenham um quinto do número total associados em série, formando 5 circuitos de geração independentes, com 26 painéis cada um deles. Dessa forma, a tensão fornecida pelas saídas de cada uma das 26 unidades coletoras luminosas é a soma das demais, ou seja: $V_T = 26 \times 40,71 = 1058,46V$ de corrente contínua. Para alcançar esse objetivo, será preciso adquirir 130 painéis coletores, elevando seu custo para R\$ 168.700,00.

Após criteriosa pesquisa sobre inversores que atendessem aos parâmetros especificados de tensão e potência neste artigo, chegou-se à conclusão que o módulo mais adequado é o Inversor Solar Fotovoltaico On Grid Mac50KTL3-LV 50 KW, trifásico, fabricado pela Growatt, com 220 V de corrente alternada, e faixa de tensão de corrente contínua situada entre 200 e 1100 volts.

Portanto, percebe-se que o inversor selecionado contempla as demandas de tensão contínua e potência dos 26 painéis solares ligados em série. A empresa Afubra (2023) fornece o inversor On Grid Mac50KTL3-LV 50 KW/220 V por R\$ 17590,00 a vista, conforme anúncio em seu próprio sítio. Por outro lado, encontra-se o mesmo modelo na loja Oneshopsolar (2023) por R\$

32000,00. Pode-se verificar no endereço eletrônico da Confietec (2023) que o preço desse mesmo inversor é R\$ 24376,36. A seção seguinte tratará da especificação das baterias para o inversor.

Porém, o número total de painéis solares é de 130 unidades. Dessa forma, haverá cinco ramos distintos coletores de luminosidade alimentando o Campus Itaboraí. Assim, será necessário um total de cinco inversores no orçamento, contabilizando R\$ 87950,00 de despesas com este material.

2.1.3 ESPECIFICAÇÃO DO BANCO DE BATERIAS

O banco de baterias servirá para alimentar o inversor, que converterá a corrente contínua por elas fornecidas em corrente alternada, durante a noite ou em períodos de céu encoberto, quando a energia luminosa incidente for insuficiente para gerar eletricidade através dos painéis fotovoltaicos.

Para especificar as baterias é preciso determinar sua tensão de saída e a quantidade de corrente fornecida por hora, cuja unidade é o Ah (Ampere hora). As tensões mais comumente encontradas nas baterias são de 12, 24 ou 48 volts. O inversor selecionado necessita de uma tensão contínua situada na faixa entre 200 e 1100 volts. Portanto, será necessário combinar 10 baterias de 24 volts ou 5 baterias de 48 volts, todas associadas em série, para que a soma de suas tensões parciais alimente a entrada do inversor com 240 volts, e o equipamento possa fornecer os 240 V de corrente alternada e 50 KW de potência, de acordo com suas especificações elétricas.

Recomenda-se associar cinco baterias de 48 volts em série, para fornecer ao inversor tensão contínua de entrada igual 240 volts. Após pesquisar por baterias solares de lítio, encontrou-se o modelo Power Box de Lítio 200 Ah 9,6 KWh Dyness – F10, cuja vida útil contempla milhares de ciclos de carga por pelo menos 16 anos, conforme descrito nos dados disponibilizados pelos fornecedores do produto, que serão enumerados no próximo parágrafo.

Para alimentar a demanda máxima do Campus Itaboraí, o número de baterias (N_B) necessário será dado pelo quociente entre a demanda noturna do Campus e a potência de cada bateria, ou seja: $N_B = (530,71 \text{ KW} \times 6 \text{ h} / 9,6 \text{ KWh}) = 330$. Cada unidade do modelo Power Box de Lítio 200 Ah 9,6 KWh Dyness – F10 custa R\$ 27620,07 no site minha casa solar. O mesmo produto é encontrado nas lojas Magalu por R\$ 27073,61, e no site da Belenergy por R\$ 28000,00.

Cada um dos 5 ramos de 26 coletores solares terá 13 bancos de baterias dispostas em paralelo, com cinco das fontes de corrente contínua associadas em série em cada derivação. Assim, o

banco de 65 baterias em cada ramo fornecerá (em períodos de extrema nebulosidade ou noturnos) ao respectivo inversor 240 V com 2600 Ah, que é igual à corrente do ramo (200 Ah) vezes 13.

O valor total estimado (V_{TE}) para o banco de 330 baterias será obtido multiplicando esta quantidade pelo menor valor unitário encontrado, que é igual a R\$ 27073,61. Assim, $V_{TE} = 330 \times 27073,61 = \text{R\$}8.934.291,3$. A seção seguinte dimensionará o último item deste sistema fotovoltaico para geração de energia elétrica, que é o controlador de carga.

2.1.4 DIMENSIONAMENTO DO CONTROLADOR DE CARGA

De acordo com Fonsêca et. al. (2011), o objetivo do controlador de carga é viabilizar a operação dos coletores fotovoltaicos em seus pontos ótimos de tensão e corrente, ou seja, na máxima potência. Além disso, o controlador regula ciclos de operação das baterias durante os processos de carga e descarga, proporcionando maior vida útil a esses componentes fundamentais para o fornecimento de energia elétrica, durante os períodos em que a luz estiver ausente, seja devido à noite ou ao excesso de nebulosidade.

Os módulos fotovoltaicos utilizados têm corrente de máxima potência (I_{MP}) igual a 13,02 A. Como eles estão associados em série, o conjunto fornecerá ao banco de baterias e ao inversor a mesma corrente de 13,02 A. Considerando que a região do Campus Itaboraí recebe luz solar direta por 8 horas consecutivas, as baterias serão carregadas com a corrente máxima por este período. Assim, o fornecimento de corrente neste período será de $13,02 \text{ A} \times 8 \text{ h} = 104,16 \text{ Ah}$.

Aproximando o valor da corrente fornecida ao banco durante 8 horas, podem-se especificar controladores de carga de 100 A e 48 V, que é a tensão de cada bateria. Pesquisou-se controladores de carga baseados na tecnologia MPPT, sigla para *Maximum Power Point Tracking*, do inglês rastreamento do ponto de potência máxima. O controlador com preço mais acessível foi pesquisado em três fornecedores distintos (Americanas, Magalu e Energy Shop). Trata-se do modelo Controlador de Carga MPPT Runner R48100 48V (100A), cujo valor é R\$ 3285,00, encontrado nas Americanas.

A geração fotovoltaica foi dividida em 5 distintos circuitos de painéis coletores. Dessa forma, são necessários ao todo 5 controladores de carga, aumentando os custos com estes equipamentos para R\$ 16425,00.

2.1.5 ORÇAMENTO

Segundo Portal Solar (2023), a instalação de um sistema fotovoltaico de 7960,65 KWh, semelhante à demanda de potência do IFF – Campus Itaboraí, custa R\$ 73194,50. Dessa forma, o orçamento para implantação do sistema de geração fotovoltaica de energia elétrica terá seus custos representados na tabela 3, que considera a situação de total independência da concessionária de energia elétrica.

Percebe-se que 91,5% do valor do orçamento na tabela 3 corresponde aos itens baterias de lítio e controlador de carga. Esse custo elevado e a necessidade de descarte das baterias motivou a elaboração da tabela 4, que apresenta orçamento considerando o sistema fotovoltaico com autonomia parcial, podendo alimentar plena carga apenas durante 12 horas, somente enquanto houver energia luminosa incidindo sobre os coletores.

Tabela 3 – Custos para implantar sistema fotovoltaico autônomo para geração de energia elétrica no Campus Itaboraí

Descrição	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total do item (R\$)	Valor percentual sobre o total (%)
1) Módulo fotovoltaico JKM530M-72HL4-TV	1.297,95	130	168.700,00	1,72484997
2) Inversor On Grid Mac50ktd3 50 KW/ 220 V	17.590,00	5	87.950,00	0,89923269
3) Baterias Power Box de Lítio 200 Ah 9,6 KWh Dyness – F10	27073,61	330	8.934.291,30	91,34743378
4) Controlador de Carga MPPT Runner R48100 48V (100A)	3.285,00	5	16.425,00	0,167935156
5) Instalação completa do sistema de geração fotovoltaica	573194,5	1	573.194,50	5,860548405
VALOR DO ORÇAMENTO I			9.780.560,80	

Fonte: Própria

A situação apresentada na tabela 4 possibilita ao Campus Itaboraí autonomia energética durante dois terços do seu período de funcionamento, ou seja, apenas à manhã e à tarde. Isso proporciona relevante redução de 66% sobre a conta de energia elétrica paga à concessionária e maior sustentabilidade, uma vez que não haverá preocupação com descarte de mais de três centenas de baterias após duas décadas de uso, que é o tempo de vida estimado para as fontes de corrente contínua.

Tabela 4 – Custos para implantar sistema fotovoltaico parcialmente autônomo para geração de energia elétrica no Campus Itaboraí

Descrição	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total do item (R\$)	Valor percentual sobre o total (%)
1) Módulo fotovoltaico JKM530M-72HL4-TV	1.297,95	130	168.700,00	36,68631461
2) Inversor On Grid Mac50ktd3 50 KW/220 V	17.590,00	5	87.950,00	19,12603065
5) Instalação completa do sistema de geração fotovoltaica	203194,5	1	203.194,50	44,18765474
VALOR DO ORÇAMENTO I			459.844,50	

Fonte: Própria

Entretanto, há setores do Campus Itaboraí que necessitam de energia elétrica constante, mesmo em situações de falta de fornecimento da concessionária, como laboratórios de Biologia, refrigeradores para conservação de alimentos e iluminação externa de corredores, estacionamento e portaria. Também é preciso garantir iluminação intermitente sobre as calçadas adjacentes ao campus Itaboraí, a fim de proporcionar maior segurança aos alunos durante os períodos de entrada e saída da instituição. Dessa forma, seria prudente incluir banco de baterias que contemple ao menos 20% da demanda energética do Campus, para suprir eventuais faltas de energia elétrica que trariam prejuízos ao instituto, riscos à saúde alimentar dos discentes e insegurança aos frequentadores do IFF – Itaboraí. Assim, torna-se necessário atualizar a tabela 4 para a tabela 5, a qual incluirá 65 baterias e um inversor, correspondendo à autonomia parcial de um quinto da demanda energética do Campus, ou seja, 106,42 KW. Essa ação afirmativa garantirá suprimento contínuo de energia elétrica aos locais onde o fornecimento deve ser incessante, que foram discutidos no parágrafo anterior.

Tabela 5 – Custos para implantar sistema fotovoltaico parcialmente autônomo aprimorado, para geração de energia elétrica no Campus Itaboraí

Descrição	Valor unitário (R\$)	Quantidade	Valor total do item (R\$)	Valor percentual sobre o total (%)
1) Módulo fotovoltaico JKM530M-72HL4-TV	1.297,95	130	168.700,00	7,376030171
2) Inversor On Grid Mac50ktl3 50 KW/220 V	17.590,00	5	87.950,00	3,845417034
3) Baterias Power Box de Lítio 200 Ah 9,6 KWh Dyness – F10	27073,61	65	1.759.784,65	76,94264774
4) Controlador de Carga MPPT Runner R48100 48V (100A)	3.285,00	1	3.285,00	0,143629277
5) Instalação completa do sistema de geração fotovoltaica	267418,5	1	267.418,50	11,69227578
VALOR DO ORÇAMENTO I			2.287.138,15	

Fonte: Própria

Dessa forma, serão analisadas três possibilidades a seguir, que contemplarão os valores detalhados nos orçamentos I, II e III, descritos nas tabelas 3, 4 e 5, de acordo com a viabilidade de retorno financeiro nestas situações distintas.

3 ANÁLISE DE VIABILIDADE FINANCEIRA DA ADOÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO DE GERAÇÃO ENERGÉTICA

Conforme salienta Roque (2018), o excesso demográfico do planeta terra e o paradigma de consumo exacerbado das nações de primeiro mundo estão exaurindo os recursos da natureza. O mesmo autor destaca que o modo de vida fundamentado sobre obtenção de energia através de combustíveis fósseis tem agravado o efeito estufa, gerando consequências graves, que envolvem mudanças climáticas, como secas extremas e inundações, devido ao aumento progressivo da temperatura média global.

Os relatos do parágrafo anterior impactam negativamente sobre a economia global, tornando imperativo a adoção de fontes renováveis de energia, como forma de mitigar as transformações antropogênicas sobre o ecossistema terrestre. Dessa forma, iniciativas que visem mudança de paradigmas energéticos para sistemas sustentáveis impactam positivamente sobre a sociedade.

Porém, é preciso discutir a viabilidade financeira sobre a implantação dos projetos de energias renováveis. Planejou-se incluir banco de baterias no sistema de geração fotovoltaico proposto neste trabalho, visando adquirir independência da concessionária de energia elétrica, e tornar o Campus Itaboraí do IFF autossuficiente. Também foi pensada a hipótese de receber créditos junto à concessionária de energia, referentes à eletricidade gerada por meio fotovoltaico, que será inserida na rede.

Segundo a Câmara dos Deputados (2023), aprovou-se a Lei 14300/23, que taxa em 38% a energia elétrica gerada e inserida na rede da concessionária. Depreende-se que o produtor de energia terá compensação de apenas 62% sobre a eletricidade devolvida à concessionária. Essa taxação aumentará progressivamente, chegando a 85% em 2038, quando então o produtor receberá somente 15% de créditos pelo valor do quilowatt hora, por ele fornecido à rede elétrica.

Um dos autores deste artigo leciona no Campus Macaé do IFF há quinze anos, onde exerce funções de coordenação há quase uma década. A comunidade acadêmica desse Campus tem dois mil e quinhentas pessoas, e paga em média R\$ 81.000,00 de energia elétrica, projetando despesa anual de aproximadamente um milhão de reais.

A localização do Campus Itaboraí na segunda maior região metropolitana brasileira cria expectativa de crescimento institucional para atender a demanda estudantil semelhante à do Campus Macaé, em poucos anos. Dessa forma, os gastos com energia elétrica do IFF Macaé podem ser tomados como referência futura para efeitos de expansão do Campus Itaboraí.

Considerando-se a situação orçamentária exposta na tabela 4, que se refere às despesas para a implantação do sistema de geração fotovoltaico parcialmente autônomo (sem controlador de carga e banco de baterias), o custo seria o equivalente às despesas futuras projetadas para o Campus Itaboraí, referente ao consumo energético de seis meses (aproximadamente R\$ 486.000,00).

Também há uma vantagem em adotar essa situação de autonomia parcial em geração fotovoltaica. Trata-se da preservação ambiental. Ribeiro, Santos e Chagas (2022) salientam que baterias contêm materiais bastante perigosos ao meio ambiente e à saúde humana, que podem causar mutações

genéticas e inutilizar corpos hídricos e solos. Tratam-se dos elementos químicos mercúrio, chumbo e cádmio. Assim, a situação orçamentária da tabela 4 abrange geração fotovoltaica sustentável, apesar de parcialmente autônoma.

Analisando o caso da implantação do sistema fotovoltaico autônomo, cujas despesas são enumeradas na tabela 3, o custo do projeto passará a aproximadamente nove milhões, duzentos e oitenta mil e quinhentos e sessenta reais. Como o sistema energético independente permite economia de um milhão de reais durante doze meses, a despesa detalhada na tabela 3 seria totalmente paga somente após 9 anos de uso do sistema fotovoltaico, que corresponderia ao tempo sem gastos com energia elétrica noturna, durante os períodos matutino, vespertino e noturno.

Considerando que a previsão de crescimento da comunidade acadêmica do IFF Itaboraí será aproximadamente metade da população do Campus Macaé (totalizando 1200 pessoas) até a finalização do sistema fotovoltaico, cuja expectativa de implantação será no final de 2025, os gastos mensais com eletricidade chegarão ao patamar de R\$42000,00 por mês. Dessa forma, um valor mais realista para despesas anuais com energia elétrica seria de R\$ 500.000,00.

Os demais quarenta e dois mil reais em eletricidade gerados e não consumidos serão devolvidos à concessionária de energia elétrica. Desse montante, 62% retornarão em créditos ao IFF Itaboraí, após o desconto do imposto de geração obrigado pela Lei 14300/2023. Assim, o Campus receberá retorno mensal de R\$ 24.800,00 da concessionária, gerando crédito anual de aproximadamente trezentos mil reais, além dos R\$ 500.000,00 economizados com a autonomia energética.

Portanto, o Campus Itaboraí acumulará capital anual de R\$ 800.000,00 com a autonomia energética. Esse acréscimo financeiro faz com que o sistema autônomo fotovoltaico reduza o tempo de pagamento de seus custos totais de 9,2 milhões de reais para cinco anos, tempo necessário para o IFF Itaboraí acumular quatro milhões em créditos recebidos pela concessionária, juntamente com 5 milhões por não haver mais necessidade de despesas com energia elétrica junto à concessionária.

É preciso levar em conta que um Instituto Federal de Educação requer laboratórios de biologia, refrigeradores, iluminação e dispositivos de segurança que demandam fornecimento ininterrupto de eletricidade, o que justificaria a necessidade de autossuficiência do IFF Itaboraí, e consequente aquisição do banco de baterias discriminado no orçamento da tabela 3.

A situação orçamentária apresentada na tabela 5 envolve situação mais realista, que garante fornecimento energético contínuo a setores essenciais, contemplando 20% da demanda máxima do

campus Itaboraí. Isso torna mais acessíveis os investimentos necessários para a implantação da usina elétrica fotovoltaica, além de reduzir em dois terços a quantidade de baterias para descarte.

Esse meio termo quanto ao número de baterias utilizadas amplia a sustentabilidade institucional e disponibilidade financeira, quando se compara as situações orçamentárias das tabelas 3 e 5, que se referem aos sistemas fotovoltaicos totalmente autônomos e parcialmente autônomos com aprimoramento.

O valor orçamentário da tabela 5 é de R\$ 2.287.138,15. Considerando a conta mensal de energia elétrica custando R\$ 42.000,00, juntamente com retorno mensal de R\$ 24.800,00 da concessionária (referentes à venda de 50% da demanda máxima), novamente o Campus Itaboraí acumulará capital anual de R\$ 800.000,00.

Ao longo do ano a situação descrita na tabela 5 possibilita economia de R\$ 30.000 mensais em conta de energia elétrica, referentes a R\$ 14.000,00 pela manhã, R\$ 14.000,00 à tarde e R\$ 2.800,00 à noite (referentes à carga fornecida pelas 65 baterias), totalizando R\$ 369.600,00 em um ano. Dessa forma, os R\$ 1.169.600,00 juntados durante um ano possibilitarão quitar o investimento em dois anos.

4 CONCLUSÕES

As linhas de raciocínio desenvolvidas na seção anterior deste artigo salientam ser imprescindível a adoção de fontes energéticas renováveis. Destacou-se também ser necessário comprovar a viabilidade do investimento, o que também foi realizado nos supracitados parágrafos. Analisaram-se três situações orçamentárias distintas, que contemplam o sistema fotovoltaico independente (com 330 baterias), parcialmente autônomo (sem baterias) ou aprimorado (com 65 baterias).

Apesar da situação sem baterias tornar o custo da implantação da usina fotovoltaica bem mais acessível, seu uso inviabilizaria a independência da concessionária, condição que possibilitaria à instituição quitar o investimento inicial após 5 anos, passando a ter retorno financeiro com a venda do excesso energético à companhia fornecedora de eletricidade, e com os valores da conta de luz que deixaram de ser pagos, devido à autonomia.

Porém, é preciso levar em conta que os problemas gerados pelo descarte das baterias, que aconteceriam após duas décadas de uso, que é a vida útil das mesmas. Substâncias como cádmio, mercúrio e chumbo causam envenenamento, mutações e degradam o meio ambiente. É preciso analisar se é preferível priorizar retorno financeiro ou sustentabilidade ambiental. A questão financeira não pode ser descartada, uma vez que recursos monetários são escassos em países de

terceiro mundo como o Brasil. Entretanto, problemas ambientais devem se mitigados, pois oito bilhões de pessoas estão consumindo os recursos naturais, e as consequentes transformações antropogênicas seguem rumo à irreversibilidade, caso não sejam atenuadas ou elididas.

Pensando em mitigar os efeitos sobre a sustentabilidade, e também visando atenuar o alto valor visto na situação de autonomia energética do campus, propôs-se a situação orçamentária exposta na tabela 5, que contemplou autonomia parcial aprimorada, com 65 baterias, para suprimento intermitente de energia elétrica somente aos setores essenciais, que constituem 20% da demanda projetada.

A demanda orçamentária da tabela 5 é mais condizente com a realidade brasileira de nação em desenvolvimento, caracterizada pela escassa disponibilidade financeira.

As fontes de custeio para a implantação deste sistema fotovoltaico de geração energética podem ser obtidas através de editais de projeto disponibilizados anualmente por órgãos de fomento como ministério da educação, agência nacional de energia elétrica e outros. Também há a possibilidade de realizar parcerias público privadas (PPP) para angariar recursos destinados à implantação do sistema proposto neste artigo. As PPP seriam mais recomendadas, com o intuito de aliviar as despesas públicas, tão dispendiosas numa nação carente de recursos.

Os cálculos deste projeto de sistema fotovoltaico foram comparados a simulação realizada no aplicativo Solares On, disponível no sistema operacional Android, e seus valores corresponderam aos dados obtidos através do programa.

REFERÊNCIAS

AFUBRA. Inversor Solar Fotovoltaico On Grid Inversor Mac50ktl3-x Lv 65kw Trifasico 380v 3mppt 12 Entradas Monitoramento – Growatt. Disponível em: < <https://www.lojasafubra.com.br/inversor-solar-growatt-fotovoltaico-on-grid-mac50ktl3-lv-50kw-3mppt-trifasico-380v/p> >. Acesso em: 24/04/2023.

ARAÚJO, Amanda Alves.; MOURA, Geraldo Jorge Barbosa de. A Literatura Científica sobre os impactos causados pela instalação de Parques Eólicos: Análise Cienciométrica. Revista Tecnologia e Sociedade, Curitiba, v. 13, n. 28, p. 207-223, mai. ago. 2017.

BARROS, Kaio Diego das Neves; BRABO, Marcos Ferreira; FERREIRA, Antônio Carvalho. Impactos de usinas hidrelétricas sobre os recursos pesqueiros amazônicos: os casos de Tucuruí e Belo Monte. Gaia Scientia, v.14, p.1-15, 31 dez. 2020.

BELENERGY. Power Box de Lítio 200 Ah 9,6 KWh Dyness – F10. Disponível em: < <https://belenergy.com.br/baterias/dyness/bateria-de-litio-dyness-powerbox-9-6kwh-48v-200ah/> >. Acesso: 26/03/2023.

CÂMARA DOS DEPUTADOS. ANEEL regulamenta mudanças na taxaço de energia solar. Disponível em: < <https://www.camara.leg.br/radio/programas/940832-aneel-regulamenta-mudancas-na-taxacao-da-energia-solar-novo/#:~:text=A%20Ag%C3%Aancia%20Nacional%20de%20Energia,em%20quilowatts%2Dhora%20na%20distribuidora> > Acesso: 29/02/2023.

CARREFOUR. Módulo Fotovoltaico Jinko JKM530M-72HL4-TV. Disponível em:< https://www.carrefour.com.br/painel-solar-530w-bifacial-mono-jinko-mp930210615/p?utm_medium=sem&utm_source=google_pmax_4p&utm_campaign=4p_performancemax_todos_os_produtos&gclid=CjwKCAjwov6hBhBsEiwAvrvN6CAadAHu_ec_VjjzEZcCNaK2uLQKMIWmxTy42atLP6pJVeqxRvWacxoCZYAQAvD_BwE >. Acesso em: 19/04/2023.

CASAS BAHIA. Módulo Fotovoltaico Jinko JKM530M-72HL4-TV. Disponível em:< https://www.casasbahia.com.br/painel-solar-530w-bifacial-mono-jinko-1547301695/p/1547301695?utm_medium=Cpc&utm_source=GP_PLA&IdSku=1547301695&idLojista=11121&tipoLojista=3P&&utm_campaign=3p_gg_pmax_longtail_casa&gclid=CjwKCAjwov6hBhBsEiwAvrvN6E4UOlao0MAT8yZjX5epOzBJulqTiH9KbWL_vxlOC0JIB9AflaOstxoCilAQAvD_BwE&gclidsrc=aw.ds >. Acesso em: 19/04/2023.

CONFITEC. Inversor Solar Fotovoltaico On Grid Inversor Mac50ktl3-x Lv 50kw Trifasico 380v 3mppt 12 Entradas Monitoramento – Growatt. Disponível em: < <https://confietec.com.br/inversor-solar-fotovoltaico-on-grid-inversor-mac50ktl3-x-lv-50kw-trifasico-380v-3mppt-12-entradas-monitoramento-p8097> >. Acesso: 25/03/2023.

CRESESB, Centro de Referencia para Energia Solar e Eólica Sergio de Salvo Brito. Energia Solar: Princípios e aplicações. Rio de Janeiro. Disponível em:< http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/tutorial_solar_2006.pdf >, v. 4, 2006.

ENERGIA TOTAL. Módulo Fotovoltaico Jinko JKM530M-72HL4-TV. Disponível em: <https://www.energiatotal.com.br/painel-solar-530w-jinko-tiger-pro-mono-half-cell?gclid=CjwKCAjw3POhBhBQEIwAqTCuBss-UYbbZHm6163aY91xqRcK8_W7VMfqATNMq9IzwwZ2Yqz3SmmGPhoCl24QAvD_BwE>. Acesso em: 19/04/2023.

ENERGYSHOP. Inversor Solar Fotovoltaico On Grid Inversor Mac50ktl3-x Lv 50kw Trifasico 380v 3mppt 12 Entradas Monitoramento – Growatt. Disponível em:

< <https://www.energyshop.com.br/controlador-de-carga/controlador-mppt/controlador-de-carga-mppt-runner-r48100-12243648v-100a>>. Acesso em: 29/03/2023.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. Matriz energética e elétrica. Rio de Janeiro, 28 de jan. de 2023. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>>. Acesso em: 28/01/2023.

FADIGAS, Eliane Aparecida Faria Amaral. Energia solar fotovoltaica: fundamentos, conversão e viabilidade técnico-econômica. Grupo de Energia Escola Politécnica Universidade de São Paulo, p. 32, 2012.

FONSÊCA, Newton Savio S. M.; MACEDO, Euler Cássio Tavares de; ROMÃO, Lício Bruno R.; FREIRE, Raimundo Carlos Silvério. Controlador de carga microcontrolado de baixo consumo para painéis fotovoltaicos aplicado a rede de sensores sem fio. IX Congresso Internacional em Metrologia Elétrica. Natal, Rio Grande do Norte. Setembro de 2011. Disponível em:

< <https://www.researchgate.net/publication/325285882>>. Acesso 27/03/2023.

INSTITUTO FEDERAL FLUMINENSE (IFF). Projeto Pedagógico do Campus Itaboraí. Campos dos Goytacazes, 2022.

MAGALU. Controlador de Carga MPPT Runner R48100 12/24/36/48V (100A). Disponível em: <<https://www.magazineluiza.com.br/controlador-de-carga-mppt-runner-r48100-12-24-36-48v-100a-sun-energy/p/he1j11df26/pi/pamg/>>. Acesso em: 29/03/2023.

MAGALU. Power Box de Lítio 200 Ah 9,6 KWh Dyness – F10. Disponível em: <https://www.magazineluiza.com.br/powerbox-de-litio-200ah-96kwh-dyness-f-10-0/p/jc37gjk682/pi/inso/?&seller_id=minhacasasolar&utm_source=google&utm_medium=pla&utm_campaign=&partner_id=70403&gclid=Cj0KCQjw2v-gBhC1ARIsAOQdKY1-AFSpXpO37YTp3EL0zi1fKaul3SyyLZ19fE2IMr7z_Q6kMqs3z2I4aAhCdEALw_wcB&gclsrc=aw.ds>. Acesso: 26/03/2023.

MINHACASASOLAR. Power Box de Lítio 200 Ah 9,6 KWh Dyness – F10. Disponível em: <https://www.minhacasasolar.com.br/produto/powerbox-de-litio-200ah-9-6kwh-dyness-f-10-0-80276?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=clientemg&gclid=Cj0KCQjw2v-gBhC1ARIsAOQdKY0wzn_MK8UUQhqvqfPYCGrq3YJVYmgEwqd5s0N9beTWSmAMY2N7H0ZQaAmvHEALw_wcB>. Acesso: 26/03/2023.

ONESHOPSOLAR. Inversor Solar Fotovoltaico On Grid Inversor Mac50ktl3-x Lv 50kw Trifasico 380v 3mppt 12 Entradas Monitoramento – Growatt.

Disponível em: < https://www.oneshopsolar.com.br/MLB-2762311658-inversor-solar-fotovoltaico-on-grid-50kw-tri-220vgrowatt_JM?gclid=Cj0KCQjwt_qgBhDFARIsABcDjOeow689tulpZc59LQZuxhhR5FFnTq7ehVdDPpJMIzW8OXpp5rnxlkaAidWEALw_wcB>. Acesso em:

25/03/2023.

PORTALSOLAR. Quanto custa instalar energia solar? Disponível em: <<https://www.portalsolar.com.br/quanto-custa-para-instalar-energia-solar.html>>. Acesso: 29/03/2023

PEROZA, Josiane. Caracterização elétrica de módulos fotovoltaicos de distintas tecnologias a partir de ensaios com simulador solar e iluminação natural. Disponível em:

<<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/164555/TCC%20final%20-%20Josiane%20Peroza.pdf?sequence=1>>. Acesso: 24/02/2023.

RIBEIRO, João Gabriel Rodrigues; SANTOS, Matheus Felipe dos; CHAGAS, Nicholas Silva. O impacto causado ao meio ambiente pelo descarte incorreto de pilhas e baterias. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/24687/1/O%20IMPACTO%20CAUSADO%20AO%20MEIO%20AMBIENTE%20PELO%20DESCARTE%20INCORRETO%20DE%20PILHAS%20E%20BATERIAS.pdf>> Acesso: 1/4/2023.

ROQUE, Luiz Alberto Oliveira Lima Roque. Arquitetura de Monitoramento Ambiental. 1. Ed. Belém: Itacaiúnas, 2017.

ROQUE, Luiz Alberto Oliveira Lima Roque. Automação de Processos com Linguagem Ladder e Sistemas Supervisórios. Ed. Livros Técnicos e Científicos – LTC: Rio de Janeiro, 2017. Segunda Reimpressão.

SILVA, Sthéfane Rodrigues da; ANABUCK, Érica Tiemi; LOPES, Luis Claudio Gambôa. Desenvolvimento de um aplicativo para dimensionamento de sistemas de geração fotovoltaica. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar – Gramado, 17 a 20 de abril de 2018. Disponível em:

< <https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/473/473>>. Acesso: 25/03/2023.

Capítulo 8



10.37423/230607947

COMPARATIVO ECONÔMICO ENTRE CONDICIONADORES DE AR COM TECNOLOGIAS CONVENCIONAL E INVERTER

Filipe Marangoni

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Tais Tellini

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Renan Paula Ramos Moreno

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Samir de Oliveira Ferreira

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Evandro Andre Konopatzki

Universidade Tecnológica Federal do Paraná



Resumo: Com o aumento na tarifa de energia elétrica as empresas têm buscado formas de economizar este insumo. Conhecer o funcionamento dos condicionadores de ar e entender a inovação tecnológica promovida pelo sistema Split-inverter pode subsidiar o gestor na decisão de troca dos seus aparelhos. Este artigo objetivou apresentar o comportamento dos compressores de ar dos aparelhos condicionadores de ar convencionais, construindo cenários relacionados ao tempo de uso do aparelho e, respectivamente, do compressor a fim de comparar a energia gasta nestes aparelhos com a dos equipamentos com tecnologia inverter. Foi usado o ambiente “biblioteca” da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Medianeira, como teste das análises metodológicas que consistiram na construção de suposições, cenários e sub-cenários relacionados à troca dos aparelhos de forma imediata ou no aguardo da queima dos já instalados, analisando o uso de mão de obra própria ou terceirizada, ao tempo de funcionamento do compressor e à economia proporcionada pelo sistema inverter. A viabilidade econômica foi verificada para cada sub-cenário onde foi constatado que a troca não é interessante em qualquer caso, que ela é bastante motivada na queima do aparelho já instalado, dado que nesta situação a compra de um aparelho seria inevitável e tomada somente a diferença financeira do sistema inverter, especialmente se houver comprovação de que o compressor do condicionador de ar convencional trabalhe por tempo não inferior a 50% do uso do aparelho e que o sistema inverter apresente economia não inferior a 30%, havendo constatação de indicadores TIR positivo, Payback inferior a 48 meses e VPL máximo de R\$ 179.602,61.

Palavras-chave: Gestão energética. Viabilidade econômica. Inovação tecnológica. Consumo de energia.

1. INTRODUÇÃO

O valor da tarifa da energia elétrica no Brasil tem passado por reajustes frequentes. Além disso, quando as condições são desfavoráveis para a geração de energia elétrica pelas hidrelétricas, as usinas termelétricas, que possuem um custo maior para a produção de energia elétrica, entram em operação. Desta forma foi criado o sistema de bandeiras tarifárias, onde os consumidores terão um acréscimo no valor da fatura de energia, para compensar o custo adicional da geração (ANEEL, 2015).

Com o objetivo de redução de despesas, este trabalho apresenta uma análise sobre a viabilidade econômica na substituição do aparelho de ar-condicionado do tipo convencional, da biblioteca da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) câmpus Medianeira, por um aparelho mais econômico que trabalha com a tecnologia inverter.

A utilização da biblioteca é algo fundamental para os estudantes. Manter a biblioteca com uma temperatura adequada é importante para garantir o conforto térmico e não prejudicar os alunos na hora dos estudos. Desta forma, não é possível diminuir a utilização do aparelho de ar-condicionado para economizar energia elétrica. A solução que deve ser adotada é a utilização de aparelhos de ar-condicionado mais eficientes.

De acordo com o guia técnico de Gestão Energética (ELETROBRÁS, 2004) todas as medidas de eficiência energética devem ser precedidas de um estudo sobre o impacto que esta medida poderá causar. Desta forma, este artigo apresenta uma revisão básica sobre o funcionamento do aparelho de ar-condicionado e as principais diferenças entre a tecnologia convencional e a tecnologia inverter.

São definidos três cenários para o funcionamento dos aparelhos, utilizados quatro valores percentuais para a economia de energia proporcionada, e apresentadas quatro situações para a substituição do aparelho atual.

A análise dos resultados é feita a partir do cálculo dos indicadores econômicos Payback, TIR e VPL, que irão indicar a viabilidade do investimento.

1.1. FUNCIONAMENTO DO APARELHO DE AR-CONDICIONADO

Para facilitar o entendimento sobre o funcionamento do aparelho de ar-condicionado, pode-se fazer uma analogia com o funcionamento da geladeira convencional. Na maioria dos casos é possível ouvir quando o motor (compressor) da geladeira está em funcionamento.

Observa-se que durante o verão normalmente o compressor da geladeira permanece mais tempo ligado e durante o inverno permanece por pouco tempo ligado.

O compressor faz parte do sistema responsável pela redução da temperatura dentro da geladeira. O tempo em que o compressor permanece ligado depende da temperatura externa, da temperatura de alimentos (que foram recentemente guardados), e também da quantidade de vezes que a porta da geladeira é aberta (pois aumenta a troca de calor entre o interior da geladeira e o meio externo).

Desta forma, mesmo a geladeira permanecendo conectada a tomada de energia elétrica durante 24 horas por dia, o seu compressor não fica ligado por 24 horas. O compressor liga somente quando é necessário reduzir a temperatura para mantê-la no valor desejado.

O mesmo princípio é válido para o aparelho de ar-condicionado, onde o compressor permanece ligado até que a temperatura do ambiente atinja o valor desejado.

Existem aparelhos que possuem a opção Ventilar e a opção Resfriar. Sendo que na opção Resfriar o compressor está ligado e o consumo de energia é elevado, pois nesta opção o aparelho convencional trabalha com a sua potência máxima. Com a escolha da opção Ventilar o aparelho funciona como um ventilador comum e o consumo de energia é baixo.

Conhecer o funcionamento do aparelho de ar-condicionado é de extrema importância para os cálculos de economia e viabilidade, pois a energia consumida depende diretamente das considerações sobre o tempo em que o compressor permanece ligado.

Existem duas tecnologias para o controle do funcionamento dos compressores dos aparelhos de ar-condicionado, a tecnologia convencional e a tecnologia inverter.

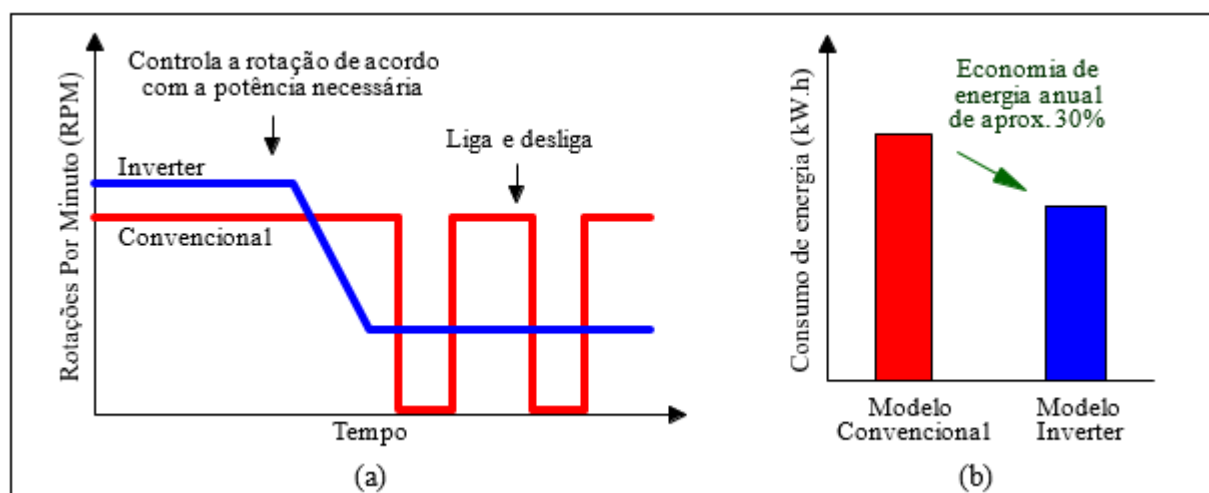
1.2.TECNOLOGIA CONVENCIONAL E TECNOLOGIA INVERTER

No aparelho de ar-condicionado do modelo convencional o compressor possui somente duas opções, ou ligado ou desligado. Ou seja, quando é necessário resfriar o ambiente o compressor é ligado e opera com a sua potência máxima (em Watts). Quando a temperatura do ambiente chega à temperatura desejada, o compressor é desligado.

A empresa Toshiba foi a primeira fabricante a incorporar a tecnologia inverter em seus aparelhos de ar-condicionado, no ano de 1981 (TOSHIBA, 2015). Tal tecnologia é responsável pelo controle da rotação do compressor, desta forma, pode ser feito o controle da potência (em Watts) fornecida ao compressor.

A Figura 1(a) apresenta uma ilustração do fabricante Daikin, onde pode ser observado um gráfico informando a rotação do compressor, sendo que o traço vermelho representa o modelo convencional (liga e desliga) e o traço azul representa o modelo com a tecnologia inverter (onde a rotação pode ser controlada).

Figura 1 – Tecnologia convencional e inverter, (a) rotação do compressor, e (b) relação de economia

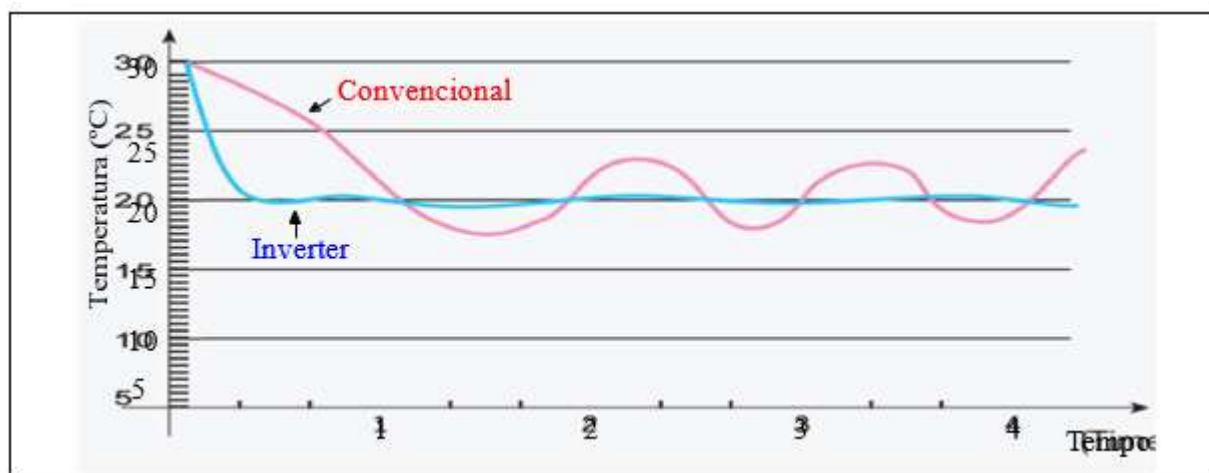


Fonte: Adaptado de Daikin (2015)

Pode ser observado na Figura 1(b) que o fabricante informa que a utilização de seus equipamentos com a tecnologia inverter pode gerar uma economia de 30% no consumo de energia em relação à utilização dos modelos convencionais.

Na Figura 2 pode ser observada a variação (oscilação) na temperatura ambiente desejada (em graus Celsius), onde a linha vermelha representa um aparelho do tipo Convencional e em Azul um aparelho com a tecnologia Inverter.

Figura 2 – Controle da temperatura para os modelos Convencional e Inverter



Fonte: Adaptado de Pioneer (2015)

De acordo com o fabricante Pioneer (2015), a precisão no controle da temperatura para o modelo Convencional chega a variar entre $\pm 3^\circ$ Celsius (traço em vermelho), enquanto a precisão no controle para o aparelho com a tecnologia inverter (traço em azul) é de $\pm 0,5^\circ$ Celsius. Outra característica observada no gráfico é o fato de que o modelo inverter é capaz de reduzir a temperatura ambiente mais rapidamente, chegando a utilizar apenas 30% do tempo necessário para o aparelho convencional. Estas características comprovam a maior eficiência do modelo Inverter em relação ao modelo Convencional.

O fabricante Daikin (2015), por exemplo, informa que seus aparelhos com a tecnologia Inverter são 30% mais econômicos no consumo de energia elétrica do que os aparelhos convencionais. Outros fabricantes informam que essa economia chega a 40%.

Alguns aparelhos da Samsung (2015) possuem uma função chamada Smart Inverter, que de acordo com a empresa, chegam a apresentar uma economia de até 60% em relação aos modelos convencionais.

METODOLOGIA

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), câmpus Medianeira, iniciou suas atividades em 1990 e está em constante ampliação. A biblioteca possui uma área total de 409,72m² sendo dividida em: área de estudos (236m²); área de acervo (100m²), e área administrativa (50,11m²). O acervo de livros conta com 28.907 exemplares. Para atender a alunos e professores de diferentes cursos e turnos, o seu horário de funcionamento é de segunda a sexta-feira das 08:00 às 21:45 horas, e aos sábados das 08:30 às 11:30 horas.

DEFINIÇÃO DE CENÁRIOS PARA AS ANÁLISES

A biblioteca é constantemente utilizada, seja nos meses de verão ou de inverno, permanecendo em funcionamento durante os períodos de férias letivas, e sendo fechada ao público somente em períodos de recesso.

O município de Medianeira está localizado no Sul do país, no oeste do estado do Paraná (a 60 km de Foz do Iguaçu). A temperatura ambiente em um mesmo dia pode ser baixa no período da manhã (sem a necessidade da utilização do ar-condicionado) e elevada no período da tarde (com a necessidade da utilização do ar-condicionado). O fluxo de alunos na biblioteca também varia muito, tanto ao longo do dia como ao longo do ano.

Desta forma, para a realização das análises foram considerados três diferentes cenários para o funcionamento dos aparelhos de ar-condicionado.

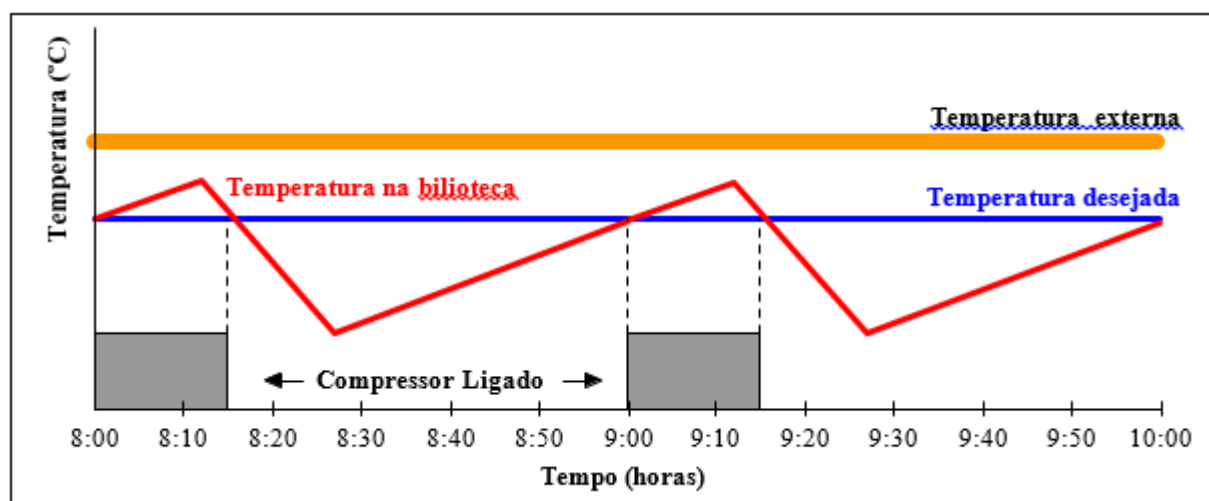
PRIMEIRO CENÁRIO

No primeiro caso será considerado um período com temperaturas mais amenas e pouca movimentação de estudantes na biblioteca. Desta forma, será considerado que o compressor do aparelho de ar-condicionado permanece ligado 25% do tempo, ou seja, a cada hora o compressor ficaria ligado por 15 minutos.

Na Figura 3 é possível observar um esboço do comportamento esperado para a temperatura na biblioteca com a utilização de um aparelho de ar-condicionado convencional. O traço alaranjado (mais espesso) representa a temperatura externa, o traço em azul representa a temperatura desejada (regulada com a utilização do controle remoto do aparelho) e o traço em vermelho representa a temperatura no interior da biblioteca.

Neste esboço a “curva” da variação da temperatura foi simplesmente substituída por “traços retos” com o intuito de simplificar a elaboração da figura. Contudo, deve-se lembrar de que o comportamento real da temperatura não é linear!

Figura 3 – Esboço do comportamento esperado para a temperatura no primeiro cenário



Fonte: Autoria própria

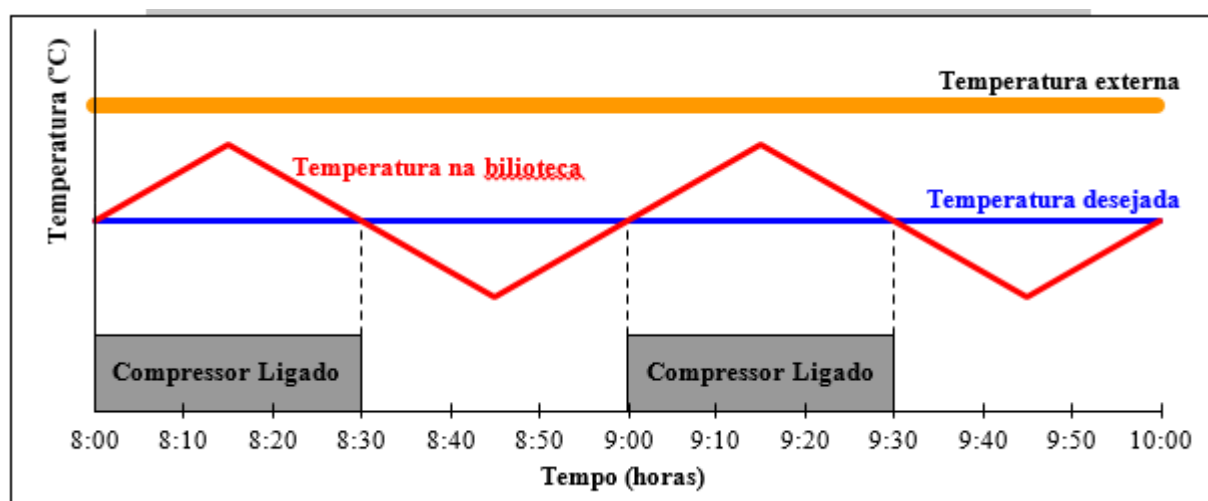
Observa-se que o tempo em que o compressor permaneceria ligado (representado pelo retângulo cinza), seria de 15 minutos para este caso, pois logo seria atingida a temperatura desejada (traço azul). Após o desligamento do compressor, a temperatura na biblioteca demoraria 45 minutos para elevar-se até ser necessário que o aparelho de ar-condicionado ligue novamente o compressor para resfriar o ambiente.

SEGUNDO CENÁRIO

No segundo caso foi considerado que o compressor do aparelho de ar-condicionado ficaria ligado 50% do tempo, ou seja, em cada hora seria necessário o seu funcionando por um período de 30 minutos.

Pode ser observado na Figura 4 o esboço do comportamento da temperatura no ambiente (biblioteca) com a utilização de um aparelho de ar-condicionado convencional. Supõe-se, neste caso, que levaria o mesmo tempo para se elevar e se reduzir a temperatura.

Figura 4 – Esboço do comportamento esperado para a temperatura no segundo cenário



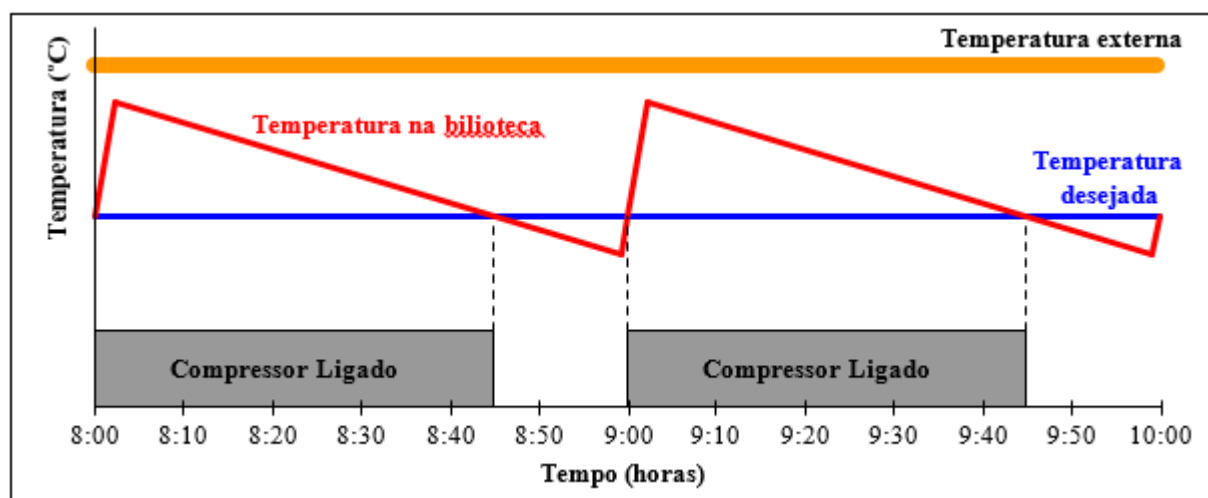
Fonte: Autoria própria

De acordo com o fabricante Pioneer (2015) a variação da temperatura (representada pelo traço em vermelho) pode ser de até 3 graus Celsius para mais ou para menos nos aparelhos do tipo convencional.

2.1.3 TERCEIRO CENÁRIO

Para o terceiro caso será considerado um dia de verão, onde a temperatura ambiente é mais elevada, e existe uma grande movimentação de alunos na biblioteca. Desta forma o compressor do ar-condicionado deverá permanecer mais tempo ligado para garantir o resfriamento do ambiente, como pode ser observado na Figura 5.

Figura 5 – Esboço do comportamento esperado para a temperatura no terceiro cenário



Fonte: Autoria própria

O esboço do comportamento esperado para a temperatura mostra que, por ser um dia quente e com grande movimento de alunos, rapidamente a temperatura se eleva. Desta forma o aparelho deverá permanecer com o compressor funcionando durante a maior parte do tempo, sendo que neste caso o compressor permaneceria ligado por 45 minutos até conseguir reduzir a temperatura para o valor desejado.

2.2. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ECONOMIA DE ENERGIA

De acordo com as informações apresentadas na sessão 1.2, os aparelhos com a tecnologia inverter são mais econômicos do que os aparelhos convencionais e pode ser obtida até 40% de economia. No entanto, neste trabalho não foi considerada somente a economia máxima.

Para a realização dos cálculos e a análise da engenharia econômica foi considerado que os aparelhos poderiam atingir 10%, 20%, 30% e 40% de economia. Desta forma, a análise completa considera os 3 cenários (com diferentes tempos de funcionamento), e para cada cenário existem 4 subcenários (com diferentes percentuais de economia).

2.3. CUSTO DE AQUISIÇÃO DOS APARELHOS CONDICIONADORES DE AR

Considerado que o sistema atual foi projetado corretamente e que a carga térmica é atendida com aparelhos de 60.000 BTU/h e que não foi encontrado no mercado um condicionador de ar da tecnologia inverter com capacidade de 60.000 BTU/h, foi estimado este valor a partir do custo unitário de aquisição de um BTU/h.

Desta forma, os valores estimados para a o preço de compra do aparelho Split-inverter foram calculados a partir da média de três valores para aparelhos de 24.000 BTU/h, de acordo com a Equação (1), e dois aparelhos de 30.000 BTU/h, de acordo com Equação (2).

$$(1) \quad P_{u24} = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{3 * 24.000}$$

A variável P_{u24} é o preço médio unitário dos aparelhos de 24.000 BTU/h, portanto, este valor representa o custo de aquisição de cada BTU/h quando comprados aparelhos deste tipo. P_1 representa o preço (R\$ 4.299,00) de um aparelho da marca FUJITSU, modelo High Wall Inverter de 24.000 BTU/h; P_2 é o preço (R\$ 2.860,00) de um aparelho da marca MIDEA, modelo Vita Inverter de 24.000; e P_3 é o preço (R\$ 3.729,00) do aparelho SAMSUNG, do modelo Smart Inverter de 24.000 BTU/h.

Na Equação (2), P_{u30} é o preço médio unitário dos aparelhos de 30.000 BTU/h, este valor representa o custo de aquisição de cada BTU/h quando comprados aparelhos deste tipo.

$$(2) \quad P_{u30} = \frac{P_4 + P_5}{2 * 30.000}$$

Como foram recebidos apenas dois orçamentos deste tipo de aparelho a média unitária foi calculada com os dois valores obtidos. Sendo que P_4 é o preço (R\$ 5.300,07) do aparelho da marca FUJITSU, modelo Split Inverter de 30.000 BTU/h; e P_5 é o preço (R\$ 3.599,00) do aparelho da marca ELETROLUX, modelo Eco Turbo de 30.000 BTU/h.

Na Equação (3) pode ser observado que P_e representa o preço médio de um aparelho Splitinverter com 60.000 BTU/h.

$$(3) \quad P_e = 60.000 * \frac{P_{u24} + P_{u30}}{2}$$

2.4. SUPOSIÇÕES SOBRE A AQUISIÇÃO DO APARELHO INVERTER

O aparelho de ar-condicionado atual utilizado na biblioteca (do tipo convencional) encontrase em perfeito estado de funcionamento. Desta forma, o investimento necessário para a compra do novo aparelho deverá ser considerado integralmente para a realização dos cálculos.

Por outro lado, se o aparelho atual danificar, será necessário à compra de um novo equipamento. Portanto, deve ser levada em consideração a diferença dos preços de compra entre o tipo convencional e o tipo inveter.

Além disso, a instalação pode ser realizada por uma empresa terceirizada ou pelos próprios funcionários do setor de manutenção da universidade.

A partir dessas considerações foram criadas 4 suposições, que serão apresentadas nas subseções a seguir.

2.4.1 SUPOSIÇÃO 1

A primeira suposição foi composta pela aquisição do condicionador de ar Split-inverter e a remoção do aparelho atual mesmo que esteja em perfeito estado de funcionamento. Foi considerado, nesta suposição, o custo de R\$ 500,00 de mão de obra terceirizada, necessária para a retirada do aparelho antigo (convencional) e também para a instalação do novo aparelho (inverter). Ao valor do preço estimado para o novo aparelho (P_e) deve ser adicionada a quantia de R\$ 500,00.

2.4.2 SUPOSIÇÃO 2

Nesta suposição a aquisição do condicionador de ar Split-inverter e a retirada do aparelho atual (convencional) serão realizadas pelos próprios funcionários do setor de manutenção da Universidade. Desta forma, o valor a ser considerado foi o próprio preço estimado (P_e).

2.4.3 SUPOSIÇÃO 3

Neste caso é considerado que o aparelho atual está danificado e é necessária a substituição pelo Split-inverter utilizando mão de obra terceirizada. A aquisição do Split-inverter deve ter descontado o valor do Split-condicionador, uma vez que a compra de novo aparelho seria inevitável. O valor do novo aparelho equivale ao preço estimado para o inverter subtraído do preço do modelo convencional (ou seja, $P_e - P_{conv}$). Ao valor obtido, deve ser somado também o custo de R\$ 500,00, referente ao pagamento dos serviços de mão de obra terceirizada.

2.4.4 SUPOSIÇÃO 4

Queima do aparelho atual e sua substituição pelo Split-inverter sem a contratação da mão de obra terceirizada. O valor do novo aparelho condicionador de ar deve ter o desconto do inverter com relação ao aparelho convencional, isto é, " $P_e - P_{conv}$ ".

2.5. ANÁLISE DE ENGENHARIA ECONÔMICA

Cada subcenário foi avaliado quanto aos indicadores econômicos TIR, VPL e Payback (PB) sendo apresentados em tabela com uma análise qualitativa destes fatores.

Para a recomendação de substituição do sistema de condicionamento de ar será adotado o critério de Payback menor que 48 meses (4 anos), dado que um tempo de retorno maior que este pode levar o gestor a analisar outros setores da universidade cuja economia seja mais lucrativa do que o uso de condicionadores de ar baseados no sistema Split-inverter.

3. RESULTADOS

Para a realização dos cálculos foram utilizadas as 4 suposições, relacionadas a substituição ou necessidade de se comprar um aparelho de ar condicionado novo, e a utilização de mão de obra própria ou terceirizada.

Para cada suposição foram considerados 3 cenários, onde o compressor do aparelho poderia permanecer ligado 25%, 50%, e 75% do tempo total do funcionamento da biblioteca.

Foi considerado, que para cada cenário a utilização do aparelho com a tecnologia inverter (em comparação com a tecnologia convencional) poderia fornecer uma economia na fatura de energia elétrica de 10%, 20%, 30% e 40%.

Para a realização de todas as análises foi necessário um total de 48 valores para cada um dos indicadores econômicos considerados, sendo o Payback, TIR e VPL.

3.1. RESULTADOS PARA A SUPosição 1

A Figura 6 apresenta o resultado de todos os indicadores econômicos para os subcenários da Suposição 1. Verifica-se que o Cenário 1 não apresenta viabilidade econômica, enquanto o Cenário 2 apresenta apenas para os subcenários com 30% e 40%, isso significa que o compressor do aparelho Split-inverter deve (obrigatoriamente) apresentar uma economia de, pelo menos, 30% em relação ao ar convencional. Caso isso seja comprovado o gestor não deve executar a simples troca deste produto sem ponderar o tempo de retorno de, aproximadamente, 18 anos que equivale à vida útil do aparelho (20 anos).

Sendo adotado o critério de 48 meses de tempo de retorno como sendo uma boa referência para o gestor optar pela troca, este cenário não é interessante à Universidade.

Figura 6 – Indicadores econômicos para a Suposição 1

Cenário 1 (25%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-3,71%	-2,87%	-2,04%	-1,21%
VPL (20a)	-R\$ 78.683,68	-R\$ 61.000,56	-R\$ 43.317,44	-R\$ 25.634,31
PB	inviável	inviável	inviável	inviável
Cenário 2 (50%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-2,87%	-1,21%	0,46%	2,12%
VPL (20a)	-R\$ 61.000,56	-R\$ 25.634,31	R\$ 9.731,93	R\$ 45.098,17
PB	inviável	inviável	176	97
Cenário 3 (75%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-2,04%	0,46%	2,96%	5,46%
VPL (20a)	-R\$ 43.317,44	R\$ 9.731,93	R\$ 62.781,30	R\$ 115.830,66

PB	inviável	176	81	54
----	----------	-----	----	----

Fonte: Autoria própria

O Cenário 3 apresentou-se melhor que os anteriores, sendo que a partir de uma economia de 20% (do sistema Split-inverter com relação ao convencional) já seria viável economicamente a instalação do aparelho. Porém, para todos os subcenários o tempo de retorno ficou maior do que o estipulado como limite máximo, que seria de 48 meses.

3.2 RESULTADOS PARA A SUPOSIÇÃO 2

Na Figura 7 podem ser observados os resultados obtidos para todos os indicadores econômicos dos subcenários da suposição 2.

Figura 7 – Indicadores econômicos para a Suposição 2

Cenário 1 (25%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-3,66%	-2,77%	-1,89%	-1,01%
VPL (20a)	-R\$ 73.228,79	-R\$ 55.537,05	-R\$ 37.845,31	-R\$ 20.153,57
PB	inviável	inviável	inviável	inviável
Cenário 2 (50%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-2,77%	-1,01%	0,76%	2,53%
VPL (20a)	-R\$ 55.537,05	-R\$ 20.153,57	R\$ 15.229,90	R\$ 50.613,38
PB	inviável	inviável	152	89
Cenário 3 (75%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-1,89%	0,76%	3,41%	6,06%
VPL (20a)	-R\$ 37.845,31	R\$ 15.229,90	R\$ 68.305,12	R\$ 121.380,33
PB	inviável	152	74	50

Fonte: Autoria própria

Considerando que a troca dos condicionadores seja feita pelo pessoal próprio, membros da equipe de manutenção e, portanto, desconsiderando o valor de mão de obra, esta suposição mostrou-se melhor que a primeira. É possível verificar que o Payback reduziu, em média, 10% nos cenários que apresentaram viabilidade, como por exemplo, no Cenário 2-30%.

Da mesma forma não parece interessante ao gestor investir na troca do aparelho de ar condicionado atual (do tipo convencional) por outro modelo com a tecnologia inverter, dado que a melhor condição de PB é de 50 meses e dependente diretamente da obtenção da economia de 40% entre os sistemas.

3.3 RESULTADOS PARA A SUPOSIÇÃO 3

A Figura 8 apresenta o resultado de todos os indicadores econômicos para os subcenários da suposição 3.

Nesta suposição verifica-se que o Cenário 1 apresenta viabilidade econômica para os subcenários 1-30% e 1-40%, mas o valor do PB não é menor do que 48 meses. Além disso, é necessário que o Split-inverter apresente, pelo menos, 30% de economia em relação ao modelo convencional.

O gestor deve repensar a substituição deste produto se considerar somente a análise do Cenário 1, pois o tempo de retorno deste investimento seria de, aproximadamente, 19 anos a 5,5 anos com o Split-inverter apresentando uma economia entre 30 e 40% (respectivamente).

Figura 8 – Indicadores econômicos para a suposição 3

Cenário 1 (25%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-2,43%	-0,33%	1,78%	3,88%
VPL (20a)	-R\$ 20.452,79	-R\$ 2.761,05	R\$ 14.930,69	R\$ 32.622,43
PB	inviável	inviável	107	68
Cenário 2 (50%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-0,33%	3,88%	8,09%	12,30%
VPL (20a)	-R\$ 2.761,05	R\$ 32.622,43	R\$ 68.005,91	R\$ 103.389,38
PB	inviável	68	40	29
Cenário 3 (75%)	10%	20%	30%	40%
TIR	1,78%	8,09%	14,41%	20,72%
VPL (20a)	R\$ 14.930,69	R\$ 68.005,91	R\$ 121.081,12	R\$ 174.156,33
PB	107	40	25	18

Fonte: Autoria própria

O Cenário 2 apresentou-se melhor que o primeiro, no qual uma economia de 20% do sistema Split-inverter (sobre o convencional) seria suficiente para tornar a troca economicamente viável tendo, porém, um tempo de retorno alto (aproximadamente 5,5 anos) com uma taxa interna de retorno de 3,88 %am. No entanto, quando analisados os subcenários 2-30% e 2-40% verifica-se um Payback inferior ao estabelecido na metodologia (48 meses) sendo de 40 e 29 meses (respectivamente), apresentado ao gestor uma excelente opção de investimento.

Já o Cenário 3 apresentou-se o melhor, como esperado, mostra-se viável para todos os subcenários, dado que a relação de economia do Split-inverter é relacionada ao consumo de energia e neste cenário

os compressores ficam ligados por 75% do tempo total de uso. É possível verificar que o tempo de retorno pode chegar a um ano e meio (Cenário 3-40%), caso o sistema Split-inverter apresente a economia máxima indicada pelos fabricantes (em alguns modelos).

Os subcenários 3-20%, 3-30% e 3-40% apresentaram tempos de retorno inferiores aos 48 meses estipulados como Payback ótimo neste artigo, mostrando ser uma boa escolha fazer a troca do condicionador mesmo com mão de obra terceirizada (estimada em R\$ 500,00).

Destaca-se que o aparelho Split-inverter escolhido deve apresentar economia maior que 30% no caso de o compressor trabalhar 50% do tempo de uso do ar condicionado ou apresente apenas 20% de economia caso o compressor trabalhe 75% do tempo de uso do ar.

Supondo não ser possível garantir que o uso do compressor seja de 25% ou 75% do tempo de funcionamento do condicionador de ar convencional, é possível, ainda, indicar a substituição do sistema quando o Split-inverter apresentar economia superior a 30%.

3.4 RESULTADOS PARA A SUPOSIÇÃO 4

A Figura 9 apresenta o resultado de todos os indicadores econômicos para os subcenários da Suposição 4.

Esta suposição é a mais favorável à troca do condicionador de ar, porque nela o gestor deve considerar que gastará apenas a diferença do valor entre os dois aparelhos condicionadores, utilizando-se de mão de obra própria para a retirada do aparelho queimado e a instalação do novo aparelho.

A análise é similar à Suposição 3 porém constata-se que o tempo de retorno (PB) fica, em média, 35% menor nos subcenários 2-30%, 2-40%, 3-20%, 3-30% e 3-40%.

Figura 9 – Indicadores econômicos para todos os subcenários da Suposição 4

Cenário 1 (25%)	10%	20%	30%	40%
TIR	-2,08%	0,37%	2,83%	5,28%
VPL (20a)	-R\$ 15.006,51	R\$ 2.685,23	R\$ 20.376,97	R\$ 38.068,71
PB	inviável	184	83	55
Cenário 2 (50%)	10%	20%	30%	40%
TIR	0,37%	5,28%	10,20%	15,11%
VPL (20a)	R\$ 2.685,23	R\$ 38.068,71	R\$ 73.452,18	R\$ 108.835,66
PB	184	55	33	24

Cenário 3 (75%)	10%	20%	30%	40%
TIR	2,83%	10,20%	17,56%	24,93%
VPL (20a)	R\$ 20.376,97	R\$ 73.452,18	R\$ 126.527,40	R\$ 179.602,61
PB	83	33	21	16

Fonte: Autoria própria

Estes subcenários mencionados apresentaram Payback menor que 48 meses, dos quais é interessante ao gestor buscar aparelhos Split-inverter que garantam economia maior que 30%.

Neste cenário a condição para o tempo necessário para que o compressor permaneça em funcionamento é similar à da Suposição 3, porém as condições favoráveis dadas pelo critério de queima (inutilização) do aparelho convencional mostram viabilidade em qualquer condição de uso do compressor do sistema convencional, se a utilização do aparelho Split-inverter apresentar economia superior a 20%.

4. CONCLUSÕES

Não é indicada a troca do aparelho condicionador de ar atualmente instalado na biblioteca por um modelo inverter, nem com a utilização de mão de obra terceirizada (Suposição 1), nem com a utilização de mão de obra própria (Suposição 2).

A engenharia econômica mostrou a viabilidade na substituição somente no Cenário 2, sendo que nesta condição a economia do modelo inverter em relação ao modelo convencional deve ser de, no mínimo, 30%. Uma economia mínima de 20% seria suficiente para ocasionar a viabilidade para o Cenário 3. Porém o tempo de retorno (payback) ficou superior ao estipulado na metodologia (que foi de 48 meses).

É viável a aquisição do modelo com tecnologia inverter caso ocorra alguma avaria que torne inutilizável o aparelho convencional atualmente instalado na biblioteca. Com a instalação realizada por de mão de obra terceirizada (Suposição 3), seria necessário obter economia de 30% entre os sistemas analisados, e a utilização do Split-inverter seria indicada se constatado o Cenário 2 ao longo do horário de atendimento da biblioteca.

De forma similar, é indicada a substituição do aparelho quando ocorrer a queima (inutilização) do ar-condicionado atualmente instalado e com a utilização de mão de obra própria para a instalação do novo aparelho (Suposição 4). Este caso apresenta uma redução média de 35% no tempo de retorno (payback), sendo esta suposição a recomendada ao final da realização deste estudo.

REFERÊNCIAS

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Bandeiras Tarifárias. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=758>>. Acesso em: 10 de abril de 2015.

DAIKIN. Low-Impact Products. Disponível em:

<<http://www.daikin.com/csr/environment/production/index.html>>. Acesso em 10 de abril de 2015.

PIONEER. Inverter Air Conditioners. Disponível em:

<<http://pioneerair.com.au/air-conditioning-products-for-australia/inverter-air-conditioners/>>. Acesso em: 10 de abril de 2015.

ELETROBRÁS - CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS. Gestão Energética: guia técnico. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005. 188 p.

SAMSUNG. Recurso Smart Inverter. Disponível em:

<<http://www.samsung.com/br/consumer/homeappliances/airconditioners/inverter/ASV09PSBTXAZ>>. Acesso em: 10 de abril de 2015.

TOSHIBA. Toshiba Air Conditioners - Modern Technologies. Disponível em:

<http://www.ahi-toshiba.com/quality/index.php?ELEMENT_ID=355>. Acessado em: 10 de abril de 2015.

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR. O campus Medianeira. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/medianeira/o-campus>>. Acesso em: 10 de abril de 2015.

ENGENHARIA: A MÁQUINA QUE CONSTRÓI O FUTURO

VOLUME XIV



conhecimentolivre.org/home



contato@conhecimentolivre.org



[editoraconhecimentolivre](https://www.instagram.com/editoraconhecimentolivre)



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE