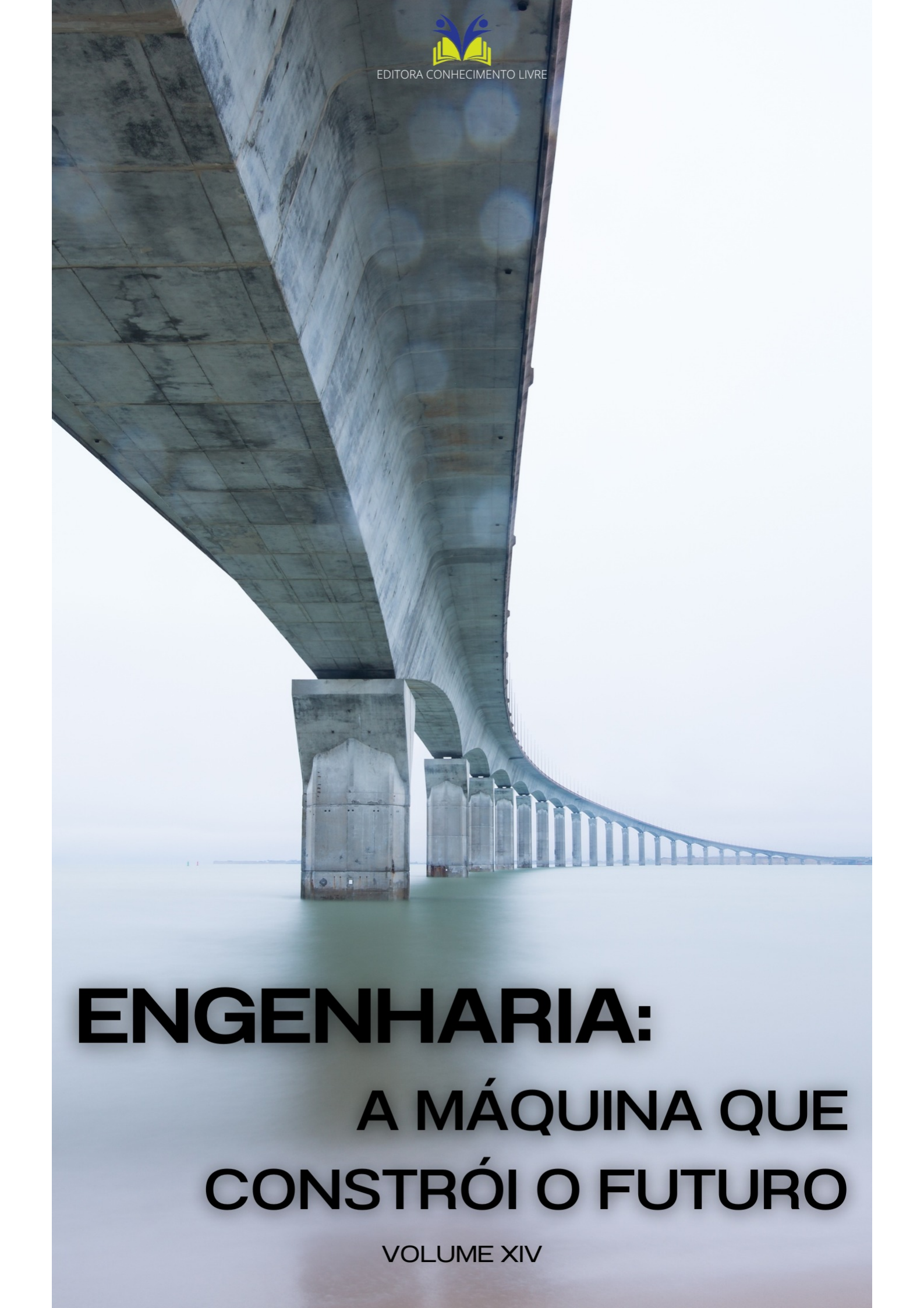




EDITORA CONHECIMENTO LIVRE



ENGENHARIA:

A MÁQUINA QUE CONSTRÓI O FUTURO

VOLUME XIV

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

198 f.: il

DOI: 10.37423/2023.edcl762

ISBN: 978-65-5367-355-7

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.edcl762>

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
AVALIAÇÃO DAS VANTAGENS DO TELHADO VERDE SOBRE O TELHADO CONVENCIONAL NO MEIO OESTE CATARINENSE	
Cristiano Meneghini Gregor Klaus de Col DOI 10.37423/230707964	
CAPÍTULO 2	21
ANÁLISE DO POTENCIAL DE RUPTURA PELO PROCESSO DE TOMBAMENTO FLEXURAL EM ÁREA URBANA DE CAXIAS DO SUL	
Fernando Eduardo Boff Luis Felipe Faccioni Tiago de Vargas Rossano Belladona DOI 10.37423/230707985	
CAPÍTULO 3	36
ANÁLISE DE PROCESSOS PRODUTIVOS DE UMA FÁBRICA DE CONECTORIZAÇÃO UTILIZANDO A FILOSOFIA LEAN – ESTUDO DE CASO	
Irami Maria Gurjão Cardoso Ricardo Salgado Ventura Newton Eizo Yamada DOI 10.37423/230707989	
CAPÍTULO 4	72
LÍQUIDOS IÔNICOS: PROPRIEDADES E APLICAÇÃO NA DISSOLUÇÃO E REGENERAÇÃO DA CELULOSE	
Aline Ferreira Knihs DOI 10.37423/230708002	
CAPÍTULO 5	89
PROPRIEDADES DAS FIBRAS REGENERADAS DE CELULOSE	
Aline Ferreira Knihs DOI 10.37423/230708003	
CAPÍTULO 6	106
ESTUDO DE BALNEABILIDADE NA BACIA DO CÓRREGO FRANCISQUINHA, NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL - TO	
Reginaldo Rodrigues Pereira Angelo Ricardo Balduino DOI 10.37423/230708005	

CAPÍTULO 7	119
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS PARA FINS DE BALNEABILIDADE DA PRAIA PORTO REAL - PORTO NACIONAL - TOCANTINS	
Gabriel Cerqueira Barros	
Angelo Ricardo Balduino	
DOI 10.37423/230708007	
CAPÍTULO 8	133
DIGITALIZAÇÃO DO ACERVO DO ARQUIVO HISTÓRICO DO MUNICÍPIO DE ARARANGUÁ-SC	
GABRIELLI CIASCA VELOSO	
ANDRÉA CRISTINA TRIERWEILLER	
PAULO CESAR LEITE ESTEVES	
RAFAELA BETT SORATTO	
DOI 10.37423/230708025	
CAPÍTULO 9	147
PROPRIEDADE INDUSTRIAL NO BRASIL O IMPACTO DOS DISPÊNDIOS COM INOVAÇÃO NOS PEDIDOS DE PATENTES	
Paulo C. L. Esteves	
Bruna Joaquim	
Fernando Lucio Mendes	
Solange M. da Silva	
DOI 10.37423/230708026	
CAPÍTULO 10	168
DESENVOLVIMENTO DE LÍDERES NA FILOSOFIA LEAN: PESQUISA-AÇÃO NA ÁREA DE OPERAÇÕES PORTUÁRIAS	
Leonardo Prado Conceição	
Matheus Dominguez Fernandes	
Carlos Magno de Oliveira Valente	
Vera Mariza Henriques de Miranda Costa	
DOI 10.37423/230708028	

**IMERSÃO DIGITAL DA ENGENHARIA AGRÍCOLA: ROMPENDO AS FRONTEIRAS DO
METAVERSO**

Rodrigo Couto Santos

Lucas Alves Lima de Mendonça

Luciano Oliveira Geisenhoff

Carlos Alberto Chuba Machado

Edlaine Aparecida Siqueira da Silva

Claudeir de Souza Santana

Gustavo de Araujo Mota

Jónison Almeida dos Santos

Maria Madalena Avila Jardim de Carvalho

Andrea Maria de Araújo Gabriel

DOI 10.37423/230708040

Capítulo 1



10.37423/230707964

AVALIAÇÃO DAS VANTAGENS DO TELHADO VERDE SOBRE O TELHADO CONVENCIONAL NO MEIO OESTE CATARINENSE

Cristiano Meneghini

Universidade do Oeste de Santa Catarina

Gregor Klaus de Col

Universidade do Oeste de Santa Catarina



Resumo: Desde a era industrial, a energia tem se mostrado cada vez mais fundamental na sociedade, nos proporcionando conforto e comodidade. Com o aumento desenfreado do seu uso, ela tem se tornado cada vez mais cara e em breve, insuficiente. Assim, estratégias vêm sendo estudadas e desenvolvidas para minimizar sua necessidade e consequentemente o impacto que tem causa do no meio ambiente, sem perder a qualidade, mas visando uma utilização mais sustentável. A cobertura é um dos componentes das construções civis que mais recebe radiação solar, recebendo-a diretamente e a maior parte do dia, logo, alternativas para reduzir essas cargas de calor tem se mostrado cada vez mais relevantes, um exemplo é a implementação do telhado verde, pois ele diminui as temperaturas internas das edificações, consequentemente reduzindo o consumo elétrico. Por meio deste trabalho, buscou-se avaliar e comparar por meio de testes experimentais e análise de resultados, o telhado verde e o telhado convencional, com o objetivo de mostrar as vantagens da cobertura vegetal sob o telhado de fibrocimento, comumente utilizado nas construções civis, com foco na questão térmica, visando demonstrar como este é um método eficaz, sustentável e a longo prazo, econômico no que diz respeito a conforto térmico. Para essa comparação foram instalados no município de Treze Tílias, 2 protótipos: 1 com telhado verde e 1 com telhado de fibrocimento. Foram analisadas as temperaturas ambiente e internas dos protótipos através de sensores e termômetros, ao longo de 1 mês (30 dias) no verão e 1 mês (30 dias) no inverno. Posteriormente os dados foram lançados no software ElitechLog para tratamento dos dados. As médias de temperatura diárias do telhado verde foram menores do que aquelas do protótipo com telhado convencional. Assim comprovando as vantagens do telhado verde sob o de fibrocimento com relação a manter a temperatura ambiente mais agradável, principalmente em dias muito quentes.

Palavras-chave: Telhado verde. Eficiência energética. Edificação.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, em função das facilidades e comodidades que a modernidade tem proporcionado, a procura por conforto e suas soluções, principalmente no âmbito residencial, tais como o uso de equipamentos individuais de condicionamento de ar, ventiladores, torneiras elétricas, cortinas automatizadas, entre outros, tem aumentado consideravelmente.

A temperatura do ar no interior das edificações está relacionada aos fatores internos (iluminação artificial, equipamentos internos, presença humana, entre outros) e externos (radiação solar, convecção e as variáveis climáticas). Devido ao telhado estar exposto diretamente à radiação solar, ele possui grande influência no aumento da carga térmica da edificação (MASCARÓ, 1992). Os telhados de uma casa térrea convencional são responsáveis por mais de 50% dos ganhos de calor segundo LOH et al. (2011).

O termo telhado verde é justificado pelo principal material que compõe esse tipo de telhado, plantas verdes em geral. No lugar de cerâmica, aço ou qualquer outro material resistente, o segredo do telhado verde está em utilizar a vegetação aparente. Seu principal objetivo está na economia de energia e tornar a construção mais sustentável, conciliando conforto com a vantagem de ser amigável ao meio ambiente.

Diante do exposto, o teto verde se apresenta como parte de uma solução eficiente, como um meio de minimizar os impactos impostos pela impermeabilização das grandes cidades, além da gestão de águas pluviais em áreas urbanas, reduzindo a drenagem pluvial, de modo a conter os problemas com enchentes, etc. Além disso, atuam como isolante e evitam a transferência de calor, frio e ruído para o interior da edificação, o que será o foco do presente trabalho. Atuando como isolante, o telhado verde melhora a qualidade de vida urbana, enquanto minimiza os gastos energéticos com aquecimento e refrigeração, apresentando-se também como forma de economia de energia.

O objetivo do presente trabalho é demonstrar, por meio de pesquisa e experimentação, como funciona um telhado verde, e suas vantagens sobre o telhado convencional, construído usualmente com telha cerâmica, concreto ou fibrocimento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Define-se por desenvolvimento sustentável aquele que responde às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de responder às suas próprias necessidades (ONU, Comissão Brundtland, 1987). Segundo Yeang (1999), atualmente, há à disposição muitos elementos

para serem trabalhados na área de sustentabilidade. É extremamente importante ter em mente que todas as soluções encontradas não são perfeitas, sendo apenas uma tentativa de busca em direção a uma arquitetura mais sustentável. A partir disso, o telhado verde mostra-se como uma tecnologia eficiente para o desenvolvimento da arquitetura sustentável, pois nos proporciona conforto térmico, sem gasto energético desnecessário, ou seja, sem comprometer as necessidades das gerações futuras.

A vantagem de instalar o sistema de telhados convencional, que consiste em uma mistura homogeneizada de amianto e cimento, é que ele é de baixo custo e prático, mas corre o risco de deixar o ambiente muito quente e virar um problema no verão, fazendo o uso do ar-condicionado tornar-se necessário, caracterizando um gasto energético exacerbado e agressivo ao meio ambiente.

O telhado verde tem por objetivo a aplicação de vegetação sobre a cobertura de edificações que recebam tratamento adequado em relação à impermeabilização, barreira anti-raízes e drenagem, favorecendo a eficácia do mesmo. A *National Roofing Contractors Association* (EUA) lançou o *NRCA Green Roof Systems Manual* (2007). O manual fornece informações técnicas relativas ao projeto e instalação de sistemas de qualidade para telhados verdes. A NRCA define como um sistema de telhado verde, a vegetação aplicada em um substrato colocado em qualquer nível impermeabilizado da estrutura fabricada. Suas camadas são constituídas de impermeabilização e seus componentes associados, tais como, a barreira de proteção das raízes, uma camada de drenagem, uma camada de isolamento térmico, substrato e plantações.

Para definir os componentes do telhado verde, Cantor (2008) faz uma alusão das camadas do telhado verde às finas camadas de um sanduíche, onde a camada superior seria a da vegetação e a inferior seria a plataforma do telhado. Assim de cima para baixo, estas camadas incluem: a vegetação, substrato, filtro de tecido de drenagem e camadas de retenção de água, camada de proteção da raiz, isolamentos, impermeabilização e um terraço ou pavimento.

No presente trabalho, foi utilizado nos protótipos, a grama, mas para a escolha da vegetação é necessário o conhecimento do clima local, o tipo de substrato a ser utilizado e o tipo de manutenção que será adotado no telhado. No caso de irrigações, por exemplo, o ideal é a escolha de plantas que resistem bem ao estresse hídrico.

Em áreas urbanas, os telhados verdes não só atuam como um filtro contra a poluição e mantêm a umidade relativa do ar, como também contribuem para a absorção do volume de água de uma precipitação e reduzem o efeito das ilhas de calor causado pela urbanização, proporcionando conforto térmico e ambiental às edificações, economizando energia para ar-condicionado (COLLISCHONN,

2008). Além disso, com o aumento das áreas urbanas, há escassez de espaços verdes, e a tecnologia usada no telhado verde é uma opção eficiente para manter e ampliar os espaços verdes.

A energia solar converte-se em calor, que paira no ar em torno do edifício, de modo que há a necessidade do uso de ar-condicionado, aumentando o gasto em energia (CANTOR, 2008). Em contrapartida, com o emprego de vegetação nestes densos ambientes construídos, pode-se ajudar no conforto térmico utilizando as propriedades térmicas das vegetações, que ao entrarem em processo de evapotranspiração esfriam a temperatura ambiente do edifício. Se telhados verdes fossem instalados em larga escala teriam um potencial para mitigar o efeito ilha de calor. Baixas temperaturas são, portanto, essenciais para limitar o consumo de energia para resfriamento e melhorar as condições de conforto térmico. A redução da temperatura interior do edifício deve-se ao fato de a camada inferior e a vegetação da cobertura verde atuar como manta isolante. A cobertura vegetal utiliza parte da radiação solar recebida para a fotossíntese e filtra outra parte para refletir a radiação restante, ajudando a reduzir a temperatura da superfície do edifício.

Os materiais comumente usados na construção de edifícios armazenam a radiação solar e liberam essa radiação na forma de calor, tornando as cidades 17°C mais quentes do que as cidades rurais ou com vegetação. Os espaços verdes podem minimizar o impacto dos problemas decorrentes das flutuações térmicas urbanas. Nesse contexto, além dos benefícios para as próprias edificações e para os ocupantes, o uso extensivo de telhados verdes pode reduzir as temperaturas nas grandes cidades em 1°C ou 2°C.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Este é um trabalho de pesquisa com caráter experimental para determinar qual seria o melhor, entre telhado verde e fibrocimento para melhorar os efeitos térmicos para a região do oeste de Santa Catarina. A pesquisa foi realizada em campo, com a coleta de dados e observação do protótipo.

A coleta dos dados de temperatura interna ocorreu pela utilização de um datalogger, da marca *Elitech* RC-4, como mostra a Figura 1. Para a coleta dos dados de temperatura externos, utilizou-se um termômetro convencional de mercúrio, fixado na parte externa do protótipo.

Figura 1: Datalogger de temperatura

Fonte: <https://www.elitechbrasil.com.br/data-loggers/>

Para os testes, foi escolhido um mês no inverno e um mês no verão para análise. A Figura 2(a) mostra aparato experimental de testes considerando telhado convencional de fibrocimento. Do contrário, a Figura 2(b) mostra o aparato experimental idêntico, porém com a cobertura de telhado verde.

Figura 2: (a) aparato experimental com telhado convencional, (b) aparato experimental com telhado verde.



(a)



(b)

As paredes do protótipo foram construídas em MDF, com uma espessura de aproximadamente 3 mm. A espessura do telhado de fibrocimento, que fica em 6mm, e o telhado verde que somando todas as camadas possui 150mm, como mostra a Figura 3. As camadas são compostas pela laje, a camada de impermeabilização logo acima, o sistema de drenagem, o tecido permeável geotêxtil, o substrato e por último a vegetação, nesse caso foi utilizado grama.

Através do datalogger, os dados de temperatura interna foram coletados e exportados para planilhas eletrônicas, onde foram manipulados para elaboração dos gráficos comparativos.

Figura 3: Protótipo com as camadas do telhado verde.



Fonte: Os autores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados experimentais permitiram avaliar e comparar o comportamento térmico para os dois sistemas de cobertura. A pesquisa foi realizada na cidade de Treze Tílias, no oeste de Santa Catarina. A umidade relativa, velocidade média do vento e irradiação solar não foram levantadas no presente trabalho.

Primeiramente, para avaliar as diferenças durante o verão, foram coletadas as temperaturas durante o período de 13 de janeiro de 2023 a 14 de fevereiro de 2023, sendo analisadas as temperaturas no protótipo com telhado verde do dia 13 de janeiro ao dia 28, e do dia 29 de janeiro ao dia 14 de fevereiro o de fibrocimento.

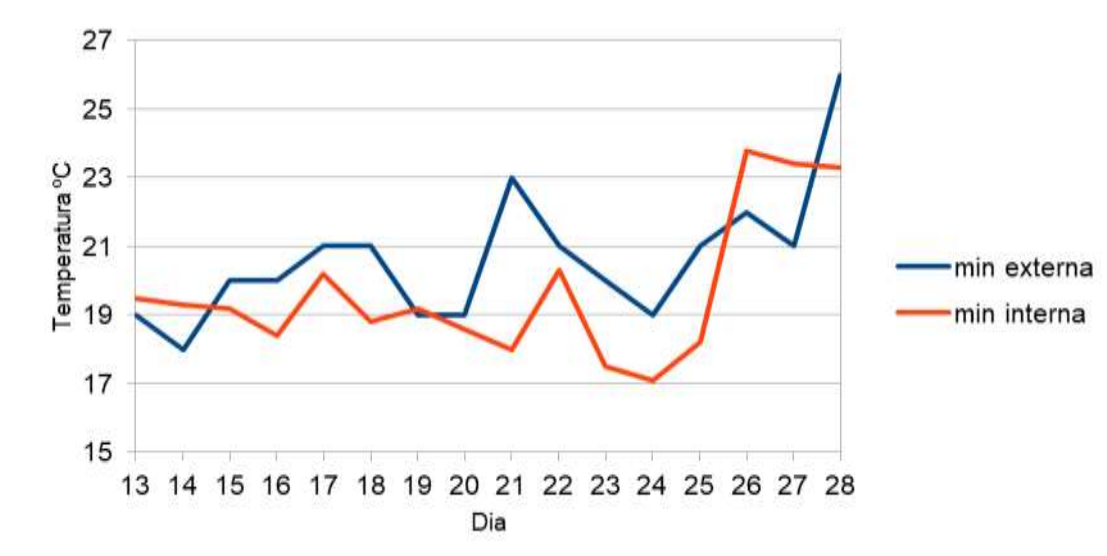
Considerando os 33 dias completos da coleta de dados durante o verão, verifica-se nos 4 gráficos abaixo o monitoramento diário no período analisado, quanto as temperaturas internas de ambos os protótipos, e a temperatura do ambiente externo (°C) registrado na Cidade de Treze Tílias, Santa Catarina, sendo que a média da temperatura ambiente foi de 24 graus Celsius durante esse período.

Na Figura 4 podemos ver na linha azul as temperaturas mínimas externas (do ambiente), e na vermelha, as temperaturas mínimas internas, no protótipo com telhado verde nos dias referidos. Na

figura 5, a linha azul representa as temperaturas máximas externas, (do ambiente), e a vermelha, as temperaturas máximas internas, do mesmo protótipo.

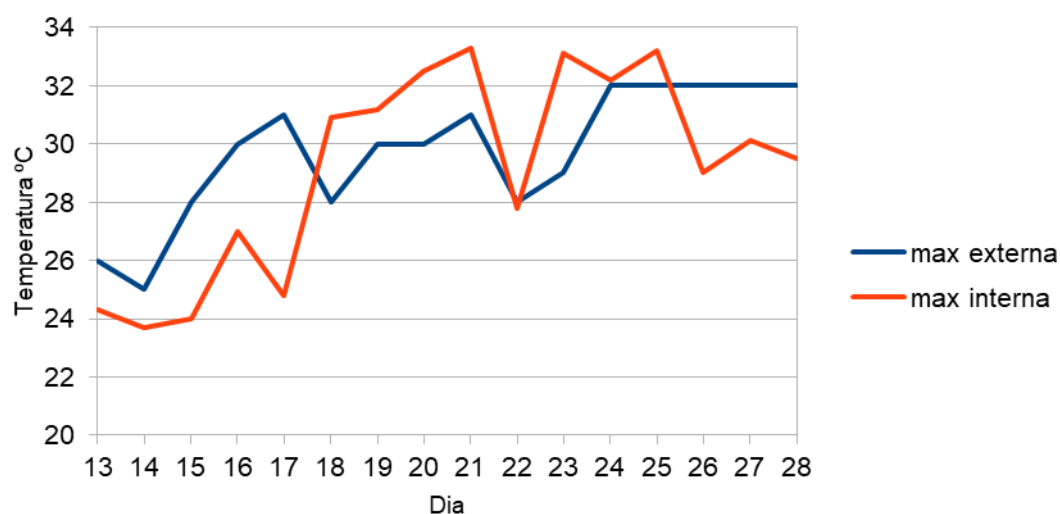
Na Figura 6 podemos ver na linha azul as temperaturas mínimas externas (do ambiente), e na vermelha, as temperaturas mínimas internas, no protótipo com telhado de fibrocimento nos dias referidos. Na Figura 7, a linha azul representa as temperaturas máximas externas, (do ambiente), e a vermelha, as temperaturas máximas internas, do mesmo protótipo.

Figura 4: Gráfico das temperaturas mínimas do protótipo com telhado verde durante o verão.



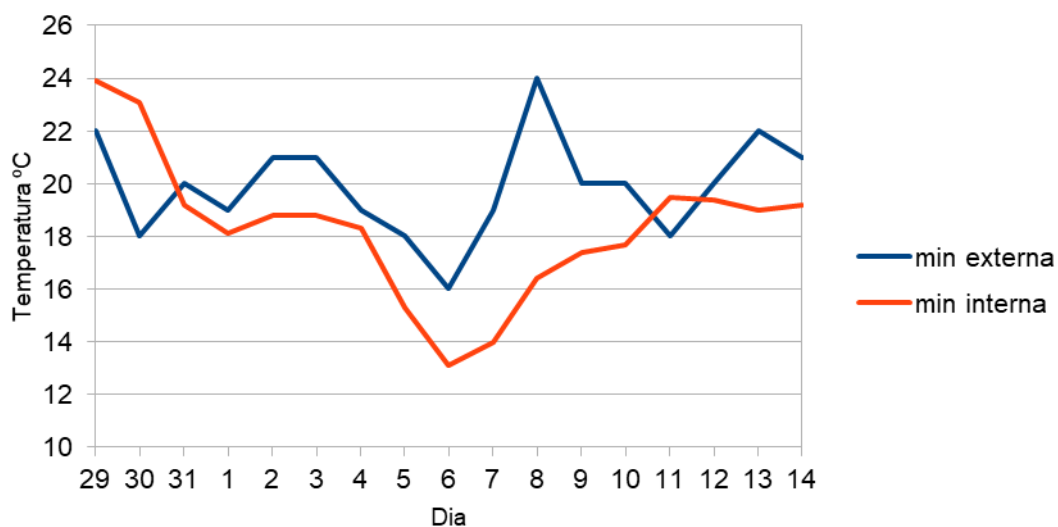
Fonte: Os autores.

Figura 5: Gráfico das temperaturas máximas do protótipo com telhado verde durante o verão



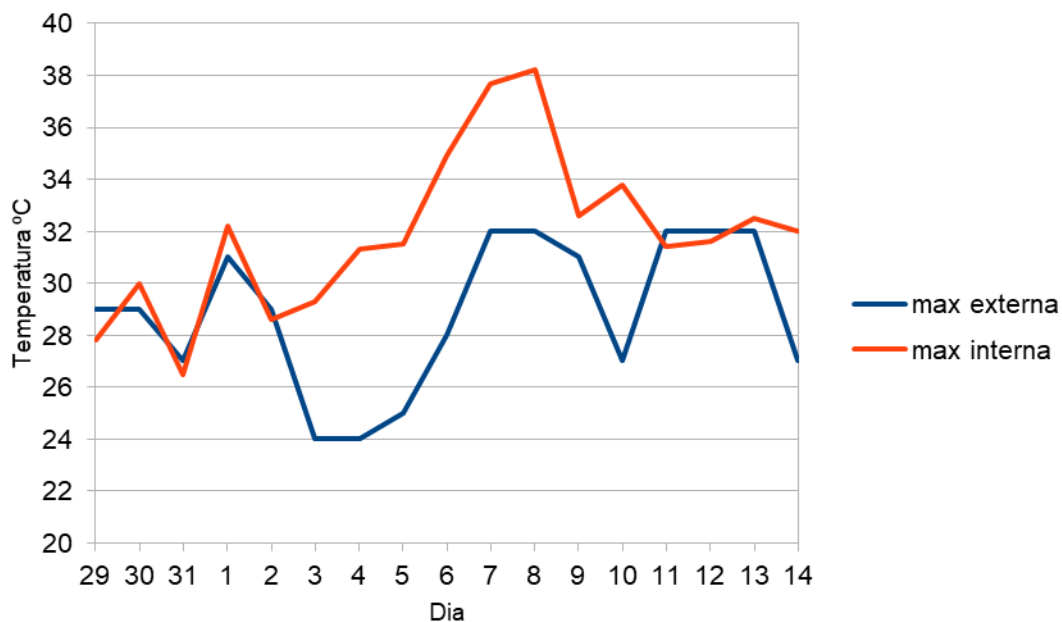
Fonte: Os autores.

Figura 6: Gráfico das temperaturas mínimas do protótipo com telhado de fibrocimento durante o verão



Fonte: Os autores.

Figura 7: Gráfico das temperaturas máximas do protótipo com telhado de fibrocimento durante o verão



Fonte: Os autores.

Da mesma forma, no inverno, comparamos o comportamento térmico dos dois sistemas de cobertura, durante o período de 29 de julho a 28 de agosto. Durante a primeira metade desse período, até o dia

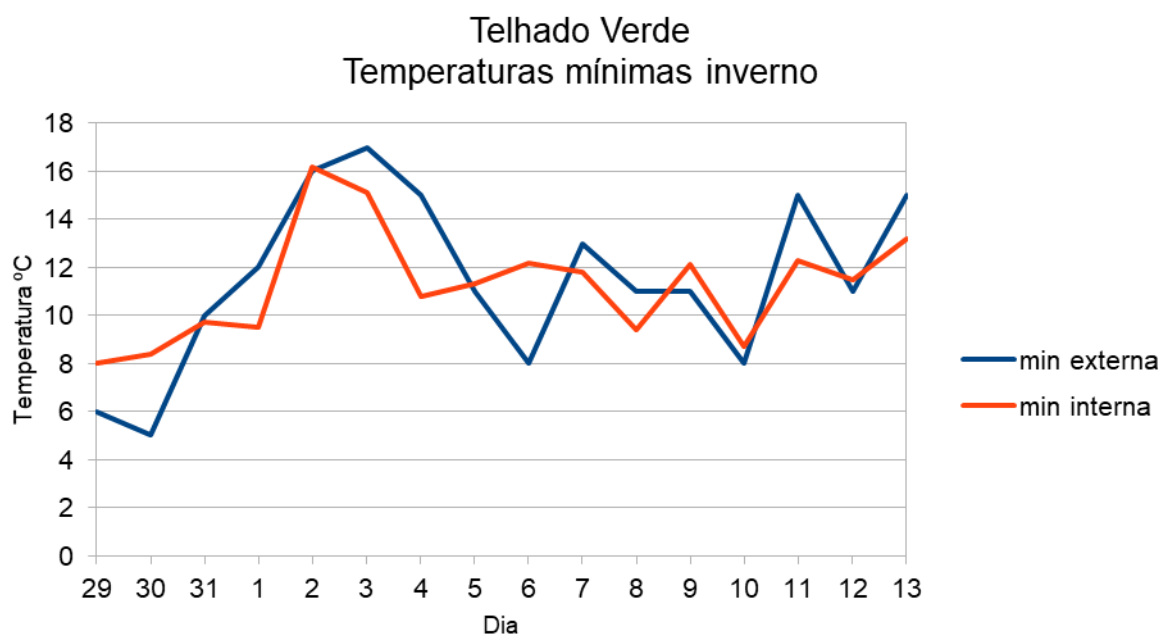
13 de agosto, foi analisada a temperatura interna diária do protótipo com telhado verde e do dia 14 a 28 de agosto, com telhado de fibrocimento.

Considerando os 31 dias completos da coleta de dados durante o inverno, verifica-se nos 4 gráficos abaixo o monitoramento diário no período analisado, quanto as temperaturas internas de ambos os protótipos, e a temperatura do ambiente externo (°C) registrado na Cidade de Treze Tílias, Santa Catarina, sendo que a média da temperatura ambiente foi de 15 graus Celsius durante esse período.

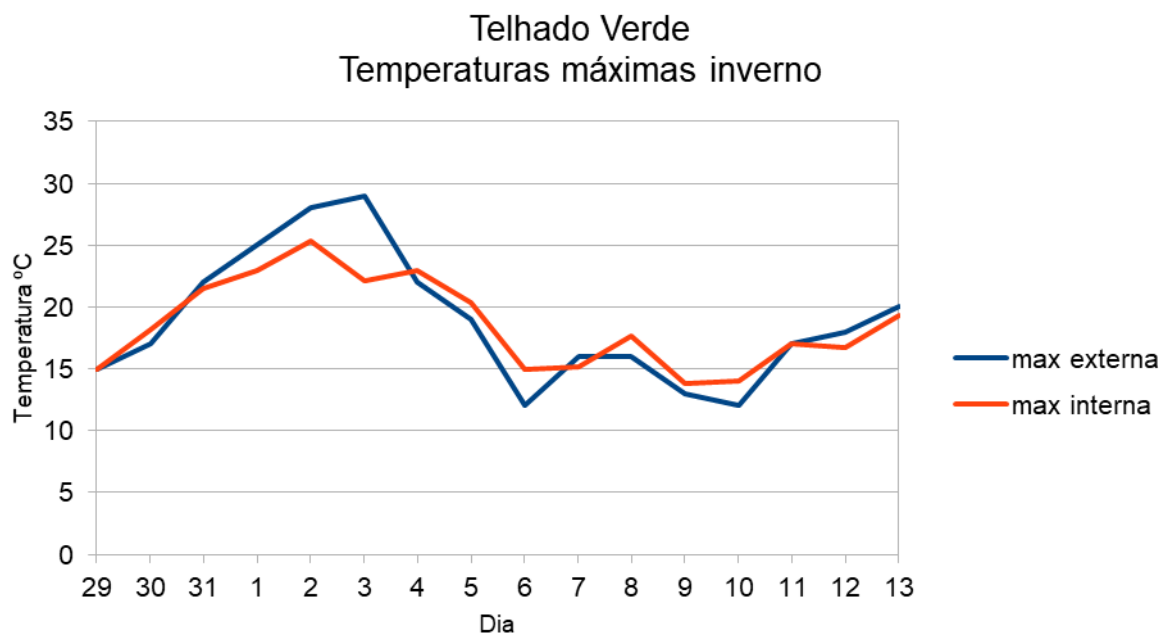
Na Figura 8 podemos ver na linha azul as temperaturas mínimas externas (do ambiente), e na vermelha, as temperaturas mínimas internas, no protótipo com telhado verde nos dias referidos. Na Figura 9, a linha azul representa as temperaturas máximas externas, (do ambiente), e a vermelha, as temperaturas máximas internas, do mesmo protótipo.

Na Figura 10 podemos ver na linha azul as temperaturas mínimas externas (do ambiente), e na vermelha, as temperaturas mínimas internas, no protótipo com telhado de fibrocimento nos dias referidos. Na Figura 11, a linha azul representa as temperaturas máximas externas, (do ambiente), e a vermelha, as temperaturas máximas internas, do mesmo protótipo.

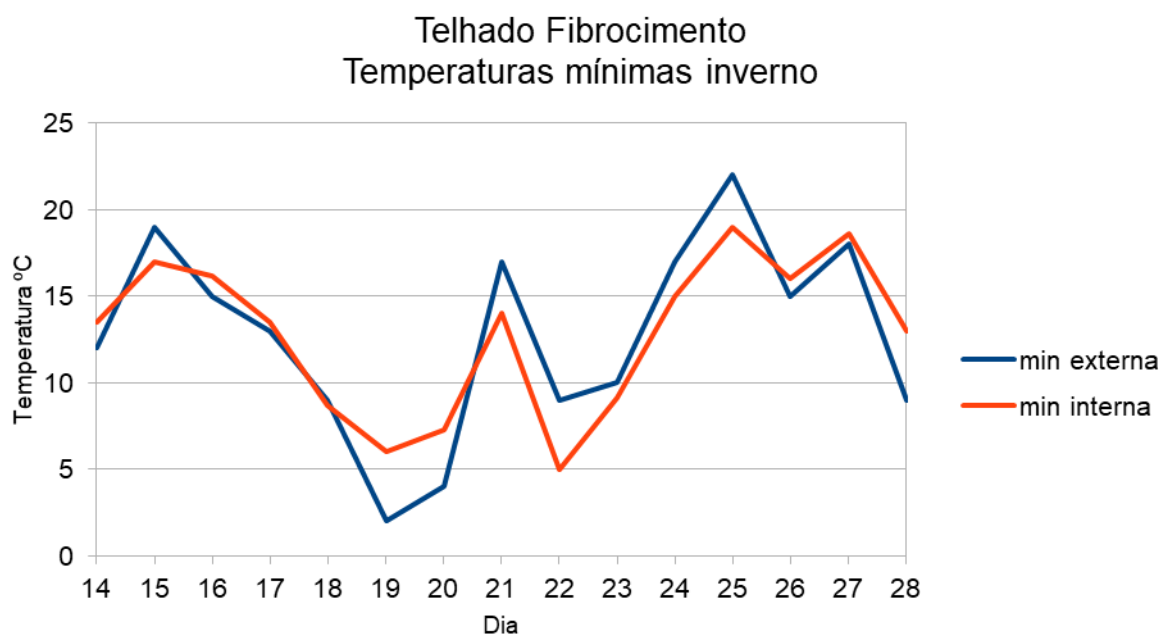
Figura 8: Gráfico das temperaturas mínimas do protótipo com telhado verde durante o inverno



Fonte: Os autores.

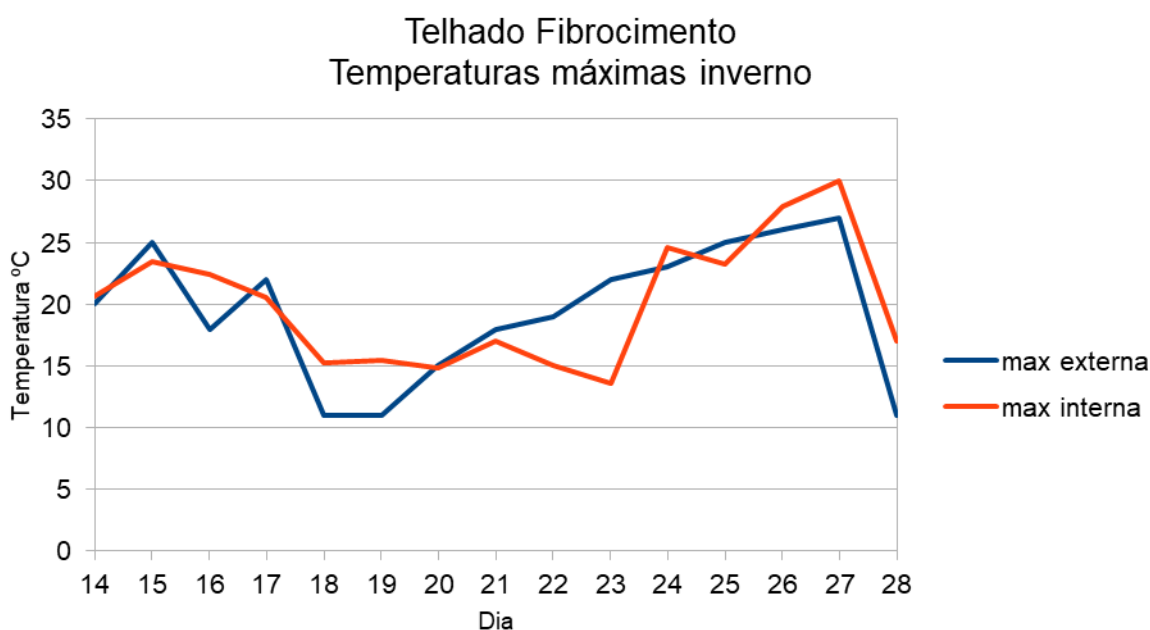
Figura 9: Gráfico das temperaturas máximas do protótipo com telhado verde durante o inverno

Fonte: Os autores.

Figura 10: Gráfico das temperaturas mínimas do protótipo com telhado de fibrocimento durante o inverno

Fonte: Os autores.

Figura 11: Gráfico das temperaturas máximas do protótipo com telhado de fibrocimento durante o inverno



Fonte: Os autores.

Após coletadas e analisadas as temperaturas externas e internas do protótipo, notou-se que os maiores picos de temperatura foram observados durante o dia nos horários de maior radiação solar, entre 10h e 15h.

Após analisados os resultados obtidos, pôde ser observado que um telhado convencional, de fibrocimento, sofre maiores variações de temperatura, enquanto o telhado verde obteve uma menor amplitude térmica, tanto no verão quanto no inverno.

5. CONCLUSÃO

Ao implementar um protótipo com um sistema convencional e um telhado verde para analisar o desempenho térmico, o telhado verde teve uma média de temperatura melhor em relação ao telhado convencional: uma temperatura mais alta nos dias mais frios e temperaturas mais amenas nos dias mais quentes. Amenizando assim o uso de aparelhos como o ar-condicionado, que por sua vez reduz custos com energia elétrica.

Portanto, a eficiência dos telhados verdes no controle do conforto térmico ambiental reforça a necessidade de incentivos ao seu uso em áreas urbanas para medidas práticas sustentáveis. Os

telhados verdes ajudam a amenizar o fenômeno conhecido como “ilha de calor” que é o aumento considerável da temperatura na zona urbana se comparada com a rural.

Mas também além de diminuir os efeitos da ilha de calor, ajudam a diminuir o efeito estufa, poluição e também aumentar a umidade. Observa-se então, que o telhado verde traz não só conforto térmico para quem utiliza do mesmo, mas também convém para uma redução na temperatura da cidade.

REFERÊNCIAS

BARBOSA ANVERSA, Giseli. Telhado Verde - Vantagens e Desvantagens. SIENGE, 2020. Disponível em: <<https://www.sienge.com.br/blog/telhado-verde/>>. Acesso em: 10 mai. 2022

BLOG IRRIGAMATIC. Telhado verde: Como funciona e vantagens. 2020. Disponível em: <<https://www.irrigacaoparajardins.com.br/telhado-verde-como-funciona-e-vantagens/>>. Acesso em: 20 ago. 2022

BONI, Filipe. Telhado Verde: O Guia Completo. UGREEN, 2015. Disponível em: <<https://www.ugreen.com.br/telhado-verde/>>. Acesso em: 15 set. 2022

CARRARO, Marina Estela; MARONEZ, Keity Mariana. Análise do telhado verde em relação ao telhado convencional quanto ao conforto térmico e retenção de água pluvial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017. Disponível em:

<<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/13507/1/an%C3%A1lise%20telhado%20conforto%20%C3%A1gua.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2022

COELHO, Yeska; SOUZA, Kym. Telhado verde: o que é e quais as vantagens. CASACOR, 2021. Disponível em: <<https://casacor.abril.com.br/sustentabilidade/telhado-verde-o-que-e/#:~:text=Telhado%20verde%20%C3%A9%20uma%20cobertura,feitas%20por%20um%20profissional%20qualificado.>>. Acesso em: 10 ago. 2022

DA SILVA MUNIZ NÓBREGA, Aline Priscila. Como construir telhado convencional e telhado verde?. CasaDicas, 2021. Disponível em: <<https://www.casadicas.com.br/construcao/como-construir-telhado-normal-com-telhas-e-telhado-verde.html>>. Acesso em: 5 jan. 2023.

DIAS, Ralph. Telhado verde vale a pena?. CANAL PLANARQ CAMPOS, 2021. Disponível em:

<https://www.youtube.com/watch?v=RqOVCLbnwNs&ab_channel=PLANARQCAMPOS%2FRalphDias>. Acesso em: 10 ago. 2022

GANDOLFI, Barbara. Telhado verde: O que é?. DOMINGOS DE ARQUITETURA, 2020. Disponível em: <<https://domingosdearquitetura.com/telhado-verde-o-que-e/>>. Acesso em: 20 set. 2022

LOH, K. et al. Outdoor Paint Ageing of Brazilian Paints - Part II, Correlation between results of accelerated and outdoor paint ageing of Brazilian paints - Part one. 12thDBMC International conference on durability of building materials and components. Porto, Portugal, April (2011).

LOSCHIAVO, Rafael. O que é e como fazer um Telhado verde. ECOEFICIENTES, 2019. Disponível em: <<http://www.ecoeficientes.com.br/o-que-e-e-como-fazer-um-telhado-verde/>>. Acesso em: 10 ago. 2022

MACEDO, Jorge. Telhados verdes refrescam a cidade e combatem o aquecimento global. Jornal Estado de Minas, 2014. Disponível em:

<https://www.em.com.br/app/noticia/tecnologia/2014/03/17/interna_tecnologia,508314/telhados-verdes-refrescam-a-cidade-e-combatem-o-aquecimento-global.shtml>. Acesso em: 10 mai. 2022

MASCARÓ, J. L; MASCARÓ, L. E. R. Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios. Porto Alegre, Editora Sagra Luzzatto, 1992.

NOGUEIRA BALDESSAR, Silvia Maria. Telhado verde e sua contribuição na redução da vazão da água pluvial escoada. Universidade Federal do Paraná, 2012. Disponível em:

<<https://core.ac.uk/download/pdf/147515313.pdf> >. Acesso em: 10 mai.2022

REDAÇÃO SustentArqui, Aline Priscila. Vantagens e desvantagens de um telhado verde. SustentArqui, 2014. Disponível em: <<https://sustentarqui.com.br/vantagens-e-desvantagens-de-um-telhado-verde/>>. Acesso em: 5 jan. 2022

Capítulo 2



10.37423/230707985

ANÁLISE DO POTENCIAL DE RUPTURA PELO PROCESSO DE TOMBAMENTO FLEXURAL EM ÁREA URBANA DE CAXIAS DO SUL

Fernando Eduardo Boff

Napeia Consultoria e Projetos Ltda

Luis Felipe Faccioni

Prefeitura Municipal de Caxias do Sul

Tiago de Vargas

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Rossano Belladona

*Serviço Autônomo Municipal de Água e
Esgoto de Caxias do Sul*



Resumo: Com vistas a subsidiar medidas de contenção a serem adotadas em taludes de corte resultantes de frentes de avanço em solos e rocha para a construção civil, foram aplicadas técnicas alternativas para a determinação da estabilidade de um maciço rochoso. A área de estudo é caracterizada por rocha dacítica pertencente à Formação Serra Geral. O histórico dos esforços atuantes, a variação nos graus de alteração, as heterogeneidades no padrão de fraturamento e da composição litológica no maciço conceberam ao substrato rochoso características reológicas distintas. Devido aos diferentes graus de alteração e de geometria dos cortes, os taludes foram compartimentados em três setores distintos com as seguintes denominações: taludes 1, 2 e 3. O talude 1 é saprolítico, os taludes 2 e 3, com exposição de rocha branda a sã, foram caracterizados com base em critérios adotados para maciços rochosos. Nos materiais rochosos os parâmetros de resistência foram estabelecidos a partir do critério de Hoek (1994) generalizado a partir de dados de qualidade do maciço alcançados a partir da técnica de *scanline*, o qual permitiu a determinação do valor do RMR. Para avaliação da estabilidade do maciço aplicaram-se os métodos de análise cinemática e de equilíbrio limite de Hoek e Bray (1981). Os métodos aplicados permitiram prever a possibilidade de ruptura dos taludes 2 e 3 pelos processos de tombamento flexural e queda de blocos, determinar os parâmetros de resistência da rocha e subsidiar a projeto de contenção aplicado.

Palavras-Chave: Scanline, Tombamento Flexural, Estabilidade de Taludes, Qualidade da Rocha, Resistência ao Cisalhamento.

1. INTRODUÇÃO

O estudo de caso em análise situa-se no bairro São Caetano, zona sul do município de Caxias do Sul, RS, Brasil (Figura 1). Neste local avaliou-se a estabilidade de um talude resultante de escavação com vistas a implantação de obra destinada a abrigar um ginásio de esportes. Em termos geológicos está assentado sobre rochas da Formação Serra Geral mais especificamente no derrame vulcânico de composição dacítica, denominado localmente por Dacito Caxias. O substrato encontra-se estruturado por um conjunto de juntas regulares com disposição sub verticalizadas e sub horizontalizadas.

A distinção nos estados de alteração, de corte e drenagem do maciço redundaram na compartimentação dos taludes de corte em três setores distintos, assim caracterizados:

- Talude 1 – Solo residual (saprolito e transportado);
- Talude 2 – Rocha alterada em grau de alteração (desde muito alteradas a pouco alteradas);
- Talude 3 – Constituídos por rochas sã a pouco alterada e surgências pontuais do freático.

Enfocou-se a avaliação aos Taludes 2 e 3, uma vez que as características do maciço no Talude 1 não se aplicam as metodologias propostas neste estudo. Na *Figura 2* estão identificados em planta os trechos abrangidos pelos respectivos taludes.

Figura 1 - Localização da área em estado no município de Caxias do Sul

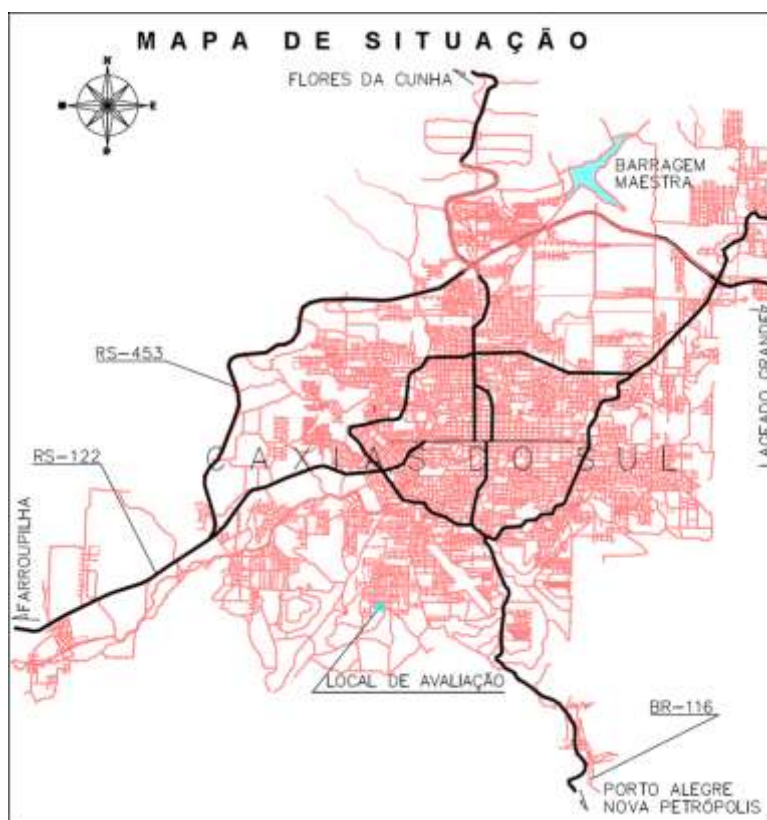


Figura 2 - Posicionamento espacial dos taludes analisados. Base cartográfica UTM, SIRGAS 2000, Zona 22J.



O aspecto in loco do maciço rochoso nos taludes de corte avaliados pode ser observado pelas figuras 3 a 6.

Figura 3 - Vista lateral da face dos Talude 2 (primeiro plano) e Talude 1 (ao fundo). O Talude 2 mostra evidências de tombamento e queda de blocos.



Figura 4 - Aspecto geral do maciço rochoso exposto na face do Talude 2.



Figura 5 - Visada para oeste da porção oeste do Talude 3 em sentido perpendicular a família de descontinuidades F2. A imagem mostra evidências de queda de blocos.



Figura 6 - Vista em sentido noroeste da face oeste do Talude 3.



2. METODOLOGIA

A metodologia de avaliação da estabilidade dos taludes foi desenvolvida em três fases distintas as quais compreenderam:

- A) Estudos Preliminares** – Em escritório foram buscadas informações quanto a estudos já realizados na região, imagens de satélite, cartas topográficas, levantamentos planialtimétricos atualizados. Nesta fase também foram definidas as estratégias de avaliação incluindo a escolha das áreas críticas (taludes instáveis) e a preparação de planilhas de campo.
- B) Em Campo** - O método de avaliação da estabilidade do talude selecionado consistiu no levantamento sistemático das características da rocha e das discontinuidades do maciço. A aquisição de dados foi realizada através de planilha específica adotada pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas). O conjunto de observações de natureza estrutural e geométrica extraídos da superfície do maciço rochoso e das discontinuidades estão relacionados no **Erro! Fonte de referência não encontrada..** Cada trecho avaliado foi georreferenciado e posicionado em planta planialtimétrica atualizada. A determinação das orientações dos planos das estruturas (descontinuidades) da rocha e das faces dos taludes foi efetuada por meio de bússola modelo *clar* sendo adotado método homônimo para registro das orientações. Os demais parâmetros foram determinados mediante inspeção visual in loco e dimensionados com equipamentos convencionais de medição (trena e régua milimetrada). A estimativa da resistência a ruptura foi estimada a partir de índices de campo.

Quadro 1 - Propriedades características da rocha e das discontinuidades avaliadas a partir do maciço rochoso.

Características da rocha	Resistencia da rocha intacta
	Estado de alteração da rocha
	Tipos litológicos presentes
Características das discontinuidades	Tipo de estrutura
	Índice de qualidade da rocha (RQD)
	Estado de alteração das paredes da rocha
	Orientação
	Espaçamento
	Persistência
	Abertura
	Preenchimento
	Exsudação d'água
	Microrrugosidade
	Macrorrugosidade
	Amplitude de onda
	Comprimento de onda

C) Tratamento de Dados - Várias das informações coletadas em campo foram identificadas por meio de índices classificatórios. Posteriormente por intermédio de programas computacionais processou-se o tratamento estatístico dos dados. A orientação espacial das relações entre as atitudes das estruturas geológicas presentes no maciço e do plano do talude foi representada em estereogramas de Schmidt-Lambert, através do programa DIPS versão 5.1. A ocorrência relativa das propriedades de interesse foi avaliada por meio de histogramas de frequência no programa Excel 2007. O estudo da distribuição espacial das discontinuidades compreendeu a definição de sistemas de famílias. Entende-se por família como um conjunto de discontinuidades que possuem estreita similaridade quanto aos critérios de orientação e origem. Para avaliação da distribuição espacial das discontinuidades e distinção das famílias com auxílio de estereogramas foi obedecida a seguinte rotina de procedimentos:

- Plotagem da orientação dos planos das discontinuidades e talude analisado;
- Representação dos pólos das discontinuidades;
- Delineamento das curvas de isofrequências para tipificar as famílias de discontinuidades;
- Determinação dos planos preferenciais ou famílias de discontinuidades, pela concentração máxima dos pólos.

A estabilidade dos taludes por tombamento avaliada a partir do modelo numérico de Goodman e Bray (1976), por meio do Software RocTopple V.2 da Rocscience.

2.1 QUALIDADE DO MACIÇO

A qualidade do maciço foi determinada para os distintos domínios (Taludes 2 e 3) a partir de dados coletados in loco, técnicas expeditas e de acordo com a classificação geomecânica de Bieniawski (1989) denominada Rock Mass Rating (RMR).

A classificação geomecânica é baseada no princípio da atribuição de pesos aos seis parâmetros que Bieniawski considerou contribuir mais significativamente para o comportamento dos maciços rochosos, tendo em atenção especial o caso das obras subterrâneas. O somatório dos pesos atribuídos a cada um destes parâmetros constitui um índice, usualmente designado por RMR, ao qual corresponde a uma das cinco classes de qualidade de maciços, consideradas pelo autor. Os parâmetros utilizados são a Resistência à compressão uniaxial da rocha intacta, o RQD (*“Rock Quality Designation”*), o espaçamento das descontinuidades, a condição das descontinuidades, a influência da água e a orientação das descontinuidades.

Os índices, pesos e classificação atribuídos para a classificação geomecânica e conforme a metodologia RMR de Bieniawski estão contidos no Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação geral do maciço no talude conforme classificação geomecânica de Bieniawski (1989)

Item	Horizonte		Rocha muito alterada		Rocha alterada	
	Parâmetro		Índice	Pesos	Índice	Pesos
1	Resistência da rocha intacta (Mpa)		12,5	2	100	12
2	RQD		55,49	13	78,42	17
3	Espaçamento (m)		0,19	8	0,72	15
4	Condição das descontinuidades	Comprimento (m)	1-2	1	3-10	2
		Abertura (mm)	0,1-1	3	<0,1	5
		Rugosidade	Ligeiramente rugosa	3	Ligeiramente rugosa	3
		Preenchimento	duro	4	Sem	6
		Alteração	Muito alterada	1	Ligeiramente alterada	5
5	Presença de água		Ligeiramente úmido	10	Ligeiramente úmido	10
6	Orientação das descontinuidades		Favorável	-25	Favorável	-25
Somatório dos pesos (Peso global)			-	23	-	50
Classe			-	IV	-	III

Para estimativa da resistência do maciço rochoso utilizou-se a classificação de Piteau (1970), que desenvolveu uma Tabela onde se estima a resistência à compressão uniaxial aproximada do material rochoso, recorrendo a técnicas expeditas, prescindindo de ensaios laboratoriais (Quadro 2).

Quadro 2- Estimativa da resistência à ruptura por compressão uniaxial do material rochoso a partir de índices de campo (Modificado de ISRM (1981)).

Classe	Descrição	Identificação de campo	Aproximação ao intervalo de resistência a compressão simples (Mpa)
R0	Rocha extremamente branda	Se pode marcar com a unha	0,25-1,0
R1	Rocha muito branda	A rocha se esmigalha ao golpe da ponta do martelo. Com uma navalha se risca facilmente.	1,0-5,0
R2	Rocha branda	Se risca com dificuldade com uma navalha. Ao se golpear com a ponta do martelo se produz pequenas marcas.	5,0-25
R3	Rocha moderadamente dura	Não pode ser riscado com a navalha. Pode fraturar-se com um golpe forte do martelo.	25-50
R4	Rocha dura	Se requer mais de um golpe com o martelo para fraturá-la.	50-100
R5	Rocha muito dura	Se requer muitos golpes com o martelo para fraturá-la.	100-250
R6	Rocha extremamente dura	Ao golpear-se com o martelo somente saltam fagulhas	>250

Para o RQD aplicou-se a correlação proposta por Palmström (1982):

$$RQD = 115 - 3,3.J_v \quad \text{eq.1}$$

3. DETERMINAÇÃO DOS PARAMETROS DE RESISTÊNCIA

Para a determinação dos parâmetros de resistência do maciço (ϕ e c) adotou-se o critério de Hoek (1994) generalizado que é definido pela expressão:

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \cdot \left(m_b \cdot \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^\alpha \quad \text{eq.2}$$

Onde:

σ_1 e σ_3 são as tensões principais maior e menor de ruptura;

σ_{ci} é a resistência a compressão simples da rocha intacta. O valor de resistência foi estimado a partir de índices de campo (ISRM, 1981);

m_b e s são constantes adimensionais que dependem das propriedades do maciço rochoso, do tipo de rocha e da frequência e características das discontinuidades.

Os valores de m_b , s e α são obtidos a partir das expressões:

$$m_b = m_i \cdot \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right) \quad \text{eq.3}$$

Onde,

m_i =Constante da rocha intacta;

GSI = Índice de resistência geológica;

D = fator de perturbação

As constantes s e α podem ser deduzidas a partir das seguintes expressões:

$$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right) \quad \text{eq.4}$$

$$\alpha = \frac{1}{2} + \frac{1}{6} \cdot \left(e^{\left(\frac{-GSI}{15}\right)} - e^{\left(\frac{-20}{3}\right)}\right) \quad \text{eq.5}$$

De acordo com Hoek e Brown (1997), para maciços rochosos competentes ($GSI > 25$, $RMR > 23$), o valor de GSI pode ser estimado a partir do valor do Rock Mass Rating RMR como,

$$GSI = RMR_{89} - 5 \quad \text{eq.6}$$

Os índices de ângulo de atrito (ϕ) e de coesão (c) podem ser calculados através do critério entre Hoek-Brown e Mohr-Coulomb representados a partir das seguintes expressões (Hoek, 1990):

$$\phi' = \text{sen}^{-1} \left[\frac{6.a.m_b.(s+m_b.\sigma'_{3n})^{a-1}}{2.(1+a).(2+a)+6.a.m_b.(s+m_b.\sigma'_{3n})^{a-1}} \right] \quad \text{eq.7}$$

$$c' = \frac{\sigma_{ci} \cdot [(1+2.a).s + (1-a).m_b.\sigma'_{3n}].(s+m_b.\sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a).(2+a) \cdot \sqrt{1 + \frac{6.a.m_b.(s+m_b.\sigma'_{3n})^{a-1}}{(1+a).(2+a)}}} \quad \text{eq.8}$$

Sendo:

$$\sigma_{3n} = \frac{\sigma'_{3max}}{\sigma_c} \quad \text{eq.9}$$

Onde,

$$\frac{\sigma'_{3max}}{\sigma'_{cm}} = 0,72 \cdot \left(\frac{\sigma'_{cm}}{\gamma.H}\right)^{-0,91} \quad \text{eq.10}$$

Os índices utilizados para o cálculo e os resultados alcançados estão relacionados na Tabela 1.

Tabela 1 - Propriedades do maciço rochoso determinados para os taludes 2 e 3

Propriedade	Unidade	Talude 2	Talude 3
peso específico	MN/m ³	0,0224	0,0252
altura dos taludes	m	10	11
RMR	-	23	50
m_i	-	17	17
D	-	0,7	0,7
GSI	-	18	45
m_b	-	0,1878	0,8280
s	-	$6,9 \times 10^{-6}$	0,000345
α	-	0,55	0,51

σ_{ci}	MPa	12,5	100
σ_{cm}	MPa	0,0181	1,7423
σ_{im}	MPa	-0,00046	-0,04171
σ_c	MPa	12,5	100
σ_{3max}	MPa	0,12862	0,23532
σ_{3n}	MPa	0,01029	0,00235
ϕ	-	0,5658	0,8690
ϕ°	°	34,46	60,34
c'	MPa	0,4061	0,2228
c'	KPa	406,1	222,8

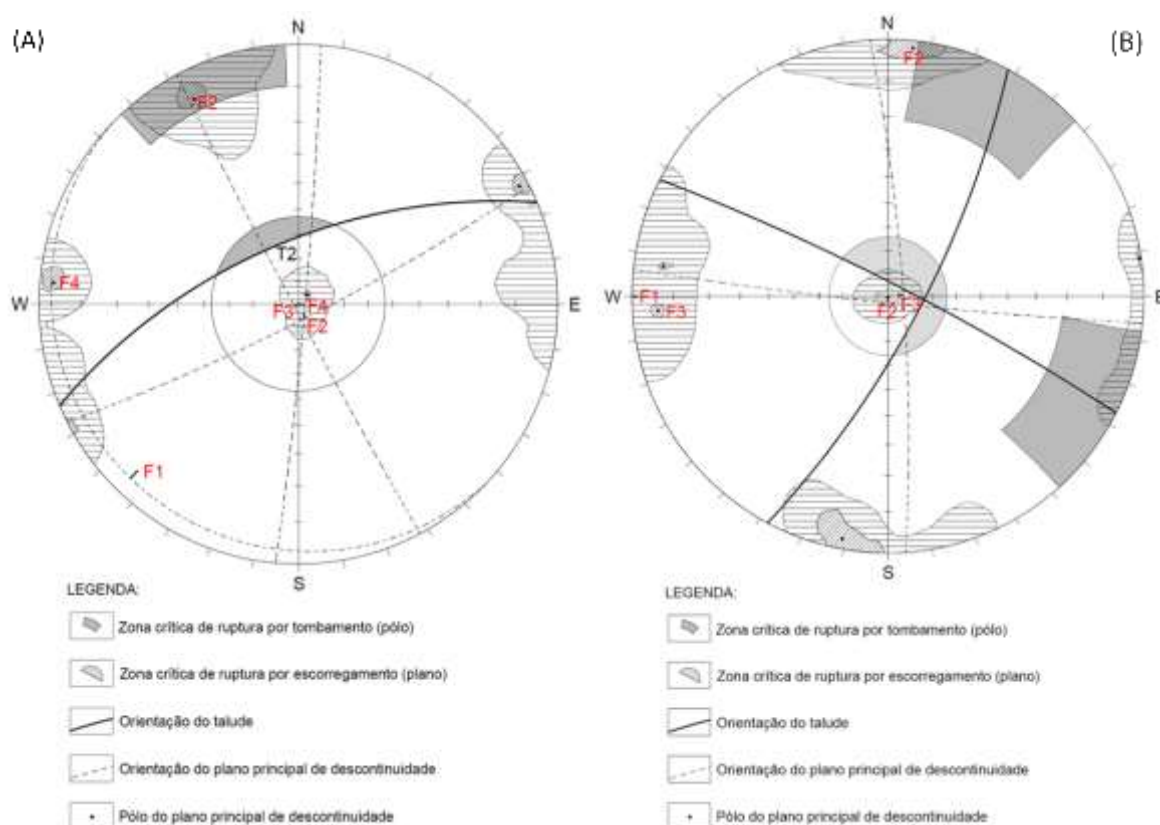
4. AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE

4.1 ANÁLISE CINEMÁTICA

Para determinação dos mecanismos de ruptura do talude em meio fraturado (circular planar, em cunha ou tombamento) utilizou-se inicialmente o método da análise cinemática, através da rede estereográfica. A análise cinemática, realizada com o software Dips V.5.1 da Rocscience, permitiu identificar em cada seção de talude o potencial de ruptura por tombamento e escorregamento (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**).

Com base na aplicação deste método foram reconhecidas duas possibilidades de ruptura:

- 1) Por tombamento no talude 2 a partir de corte desfavorável em relação a disposição do conjunto de descontinuidades da família 2 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**(A)).
- 2) Condições restritas ao tombamento no talude 3 condicionada pelo corte desfavorável nas famílias 2 e 3 (**Erro! Fonte de referência não encontrada.** (B)).

Figura 7 - Modelo de ruptura por tombamento e deslizamento para o Talude 2(A) e 3(B).

4.2 EQUILÍBRIO LIMITE

A análise da estabilidade também pode ser estabelecida com a aplicação do princípio de equilíbrio limite de Hoek e Bray (1981). Goodman e Bray (1976) propuseram que a condição cinemática favorável para tombamento flexural ocorre quando a equação 11 for satisfeita, onde θ é o ângulo da face do talude, ϕ_j e δ são o ângulo de atrito e o mergulho das descontinuidades, respectivamente.

$$\theta \geq 90^\circ + \phi_j - \delta \quad \text{eq.11}$$

O fator de segurança baseado na condição cinemática proposta por Goodman & Bray (1976) pode ser pela equação proposta por Hudson e Harrison (1997):

$$FS = \frac{\tan \phi_j}{\tan(\theta + \delta - 90)} \quad \text{eq.12}$$

O fator de segurança pode ser determinado por essa metodologia (Hudson e Harrison, 1997), mas esse método fornece apenas uma indicação de possibilidade de movimento flexural e não considera os mecanismos que controlam o escorregamento entre as camadas (Adhikary et al., 1997).

5. CONCLUSÕES

As técnicas e métodos aplicados a caracterização e avaliação da estabilidade dos taludes de corte no maciço rochoso investigado suscitaram ao alcance das seguintes constatações:

- A aplicação pelo método de análise cinemática evidenciou um risco a instabilidade por tombamento do plano de descontinuidade da família F2 no talude 2, assim como uma condição iminente de ruptura no talude 3 em alguns planos das famílias F2 e F3;
- A determinação dos parâmetros de resistência do maciço mesmo sem a aplicação de ensaios laboratoriais (tais como de compressão simples e de resistência ao cisalhamento) demonstraram em função dos resultados um grau de aproximação satisfatório para avaliação estabilidade dos taludes.
- Permitiram levantamento detalhado das propriedades do maciço e forneceram subsídios a escolha e elaboração do projeto de contenção mais adequado a ser adotado;
- Os fatores de segurança para tombamento flexural estabelecidos a partir do modelo numérico de Goodman e Bray (1976), por meio do Software RocTopple V.2 da Rocscience, conferiram índices respectivamente de 1,141 para tombamento flexural e de 0,909 para tombamento de bloco aos planos de maior instabilidade cinemática dos taludes 2 e 3, atestando, portanto, a condição de instabilidade do maciço;
- Os métodos aplicados se mostram apropriados a processos de instabilidade do tipo tombamento associado a queda de blocos, os quais apresentam incidência recorrente em taludes de corte nos maciços rochosos de origem vulcânica com comportamento e características peculiares a região de serra gaúcha e podem também ser aplicados como forma de controle preventivo de escavações em rocha.

REFERÊNCIAS

- ADHIKARY, D.P., DYSKIN, A.V., JEWELL, R.J. et al. A study of the mechanism of flexural toppling failure of rock slopes. *Rock Mech Rock Engng* 30, 75–93 (1997) doi:10.1007/BF01020126.
- AYDAN, O. AND KAWAMOTO, T. The Stability of Slopes and Underground Openings Against Flexural Toppling and Their Stabilisation. *Rock Mech. Rock Engng.* (1992) 25 (3), 143—165.
- GOODMAN, R.E. AND BRAY. J.W. (1976) Toppling of Rock Slopes. *Proceedings of the Specialty Conference on Rock Engineering for Foundations and Slopes*, 2, 201-234.
- ISRM. Rock characterization. Testing and monitoring. ISRM suggested methods. Brown, E. T. Ed. Commission on testing and monitoring. International Society for Rock Mechanics. Pergamon Press. 1981.
- HOEK, E. AND BROWN, E.T. The Hoek-Brown failure criterion - a 1988 update. IN: *PROC. 15TH CANADIAN ROCK MECH. SYMP.* (ed. J.C. Curran), 1988. 31-38. Toronto, Dept. Civil Engineering, University of Toronto.
- Hoek, E., and Brown, E.T., 1997, Practical estimates of rock mass strength: *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences*, v. 34, p. 1165-1186.
- HOEK, E. Estimating Mohr-Coulomb friction and cohesion values from the Hoek-Brown failure criterion. *Intl. J. Rock Mech. & Mining Sci. & Geomechanics Abstracts*. 12 (3), 1990. 227-229.
- HUDSON, J. A. AND HARRISON, J. P. (1997), *Engineering rock Mechanics: An introduction to the principles*. Published by Elsevier Science Ltd. 444pp.
- PALMSTRÖM, A. The volumetric joint count - a useful and simple measure of the degree of jointing. IN: *PROC. IV INT. CONGR. IAEG*, New Delhi, 1982. pp. 221-228.

Capítulo 3



10.37423/230707989

ANÁLISE DE PROCESSOS PRODUTIVOS DE UMA FÁBRICA DE CONECTORIZAÇÃO UTILIZANDO A FILOSOFIA LEAN – ESTUDO DE CASO

Irami Maria Gurjão Cardoso

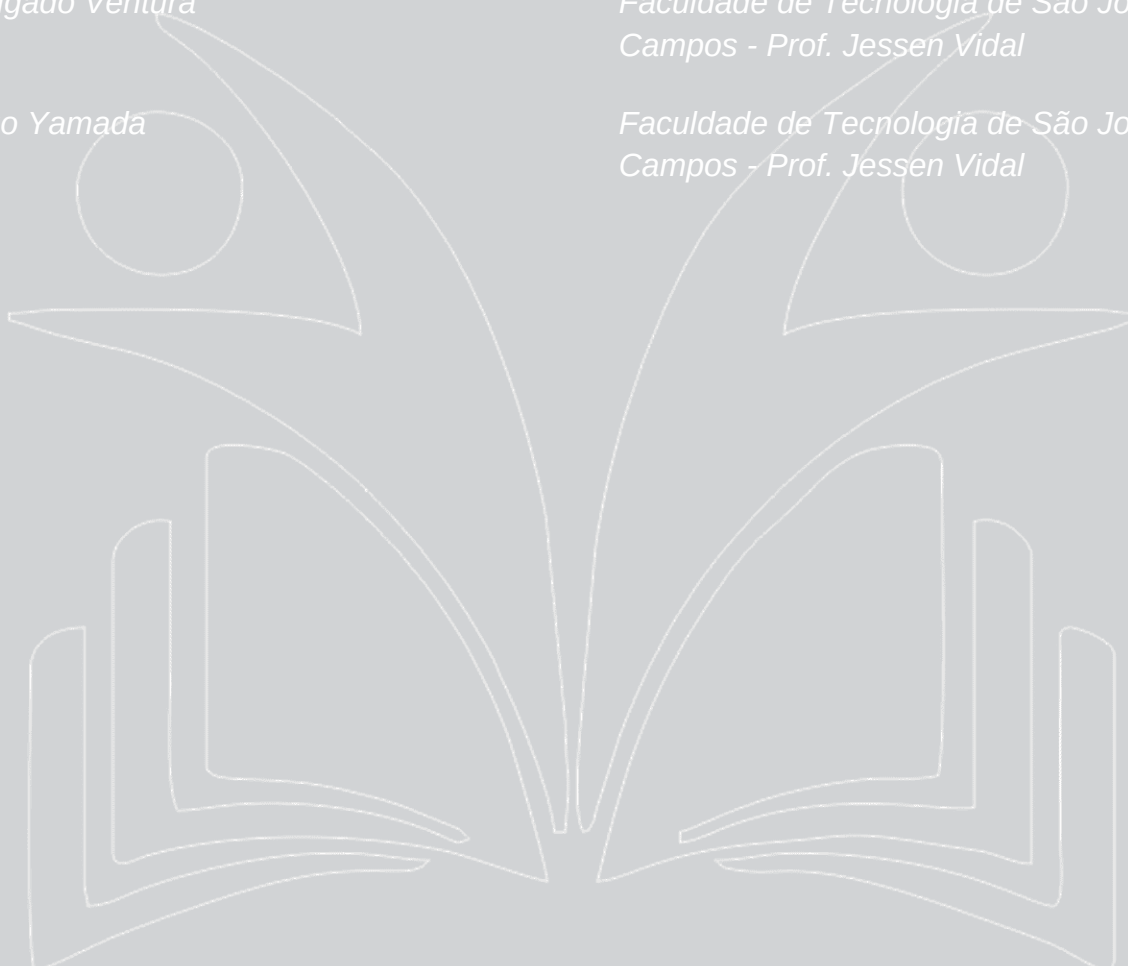
Ricardo Salgado Ventura

Newton Eizo Yamada

Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos - Prof. Jessen Vidal

Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos - Prof. Jessen Vidal

Faculdade de Tecnologia de São José dos Campos - Prof. Jessen Vidal



Resumo: Uma administração eficaz com um bom planejamento oferece um potencial de melhoria nos processos de produção de qualquer empresa. No mercado atual, as organizações têm necessidade de se tornarem cada vez mais competitivas, com redução de custos, melhoria dos seus processos, qualidade nos seus produtos, para atenderem clientes cada vez mais exigentes. Uma forma de alcançar esse objetivo é tendo como referência a Filosofia Lean, que está associada à redução do desperdício e aumento do desempenho. Nesta pesquisa foi escolhida uma fábrica de Conectorização de cabos ópticos, analisando suas máquinas, seu estoque, layout, fluxo, ergonomia, medidas de capacidade, tempos de ciclo e todos os seus processos de produção, a fim de melhorar o seu desempenho e reduzir o desperdício. Através do estudo de tempo e movimento dos trabalhadores dentro da linha de produção, foi possível identificar os pontos de gargalo, e com o uso de ferramentas como o Mapeamento de Fluxo de Valor e Takt Time, foi possível enxergar os processos que precisam de melhoria. Como resultado foi implementado um sistema que melhorasse o fluxo de valor com a facilidade de movimentação das peças. Com efeito positivo, a empresa analisada consegue melhorar e aumentar a sua capacidade produtiva.

Palavras-chave: produção, processos, melhoria, planejamento, layout.

1. INTRODUÇÃO

Processos industriais e comerciais sem ordenamento lógico tendem a ser confusos e misturam trabalho útil, ou seja, aquilo que realmente agrega valor, com vários tipos de desperdícios, que podem ocorrer cotidianamente numa empresa.

As empresas e pessoas estão sempre com muita demanda, e com tantas tarefas passam a considerar “aceitáveis” e normais processos não tão funcionais, muitas vezes extremamente sem performance e até mesmo ineficientes de realizar algum tipo de trabalho, pura e simplesmente pelo fato de ter sido de tal forma executado assim há muito tempo, sendo consolidado como processo a ser seguido porque sempre foi feito assim.

No entanto, perda de desempenho, desperdícios, processos confusos e problemas com qualidade, na grande maioria das vezes, ficam escondidos em meio aos processos produtivos, e, por conta disso, muitas vezes também não é tarefa fácil conseguir identificá-los e combatê-los para chegar a eliminá-los. O Lean Manufacturing, é uma filosofia de trabalho oriunda do Sistema Toyota de Produção desenvolvida por um dos executivos da empresa Taiichi Ohno (1912-1990) que tem como conceito principal a busca de lacunas para eliminar tudo aquilo que não agrega valor, na visão do cliente.

As buscas pelos desperdícios que podem ocorrer cotidianamente em alguma etapa do processo fabril, ou até mesmo numa empresa toda, podem ser descobertas pela aplicabilidade de algumas ferramentas, utilizando como metodologia, por exemplo, o Kaizen, o Mapeamento de Fluxo de Valor, o Takt-Time, fazendo também um balanceamento da sua linha de produção, pois tudo aquilo que representa uma perda deve ser identificado e eliminado, ou reduzido ao máximo dentro das suas possibilidades.

Uma das formas de combate é visualizar os 7 desperdícios que tendem a ocorrer cotidianamente numa empresa, através de ferramentas do sistema Lean, que é uma mentalidade enxuta a ser aplicada nos processos produtivos.

É importante conhecer técnicas que ajudem as empresas a identificar essas falhas e conseguir trabalhar para que elas sejam reduzidas ou eliminadas. Entender como eliminar os desperdícios, manter a qualidade e evitar o retrabalho fazem parte do processo de desenvolvimento e crescimento de qualquer empresa.

Este trabalho tem como objetivo geral realizar uma análise crítica de processos atuais e futuros de uma empresa, elaborando uma proposta de melhoria pela identificação de desperdícios em seus processos industriais, utilizando a filosofia Lean.

Para a consecução deste objetivo foram estabelecidos os objetivos específicos: analisar os tempos atuais dos diversos processos; estudar as oportunidades de melhoria nos departamentos escolhidos, evitando os desperdícios nos processos produtivos; propor alternativas e soluções de melhorias.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os processos são muito importantes, pois uma operação não funcionará por completo tão bem quanto poderia. Os gerentes de produção definem como os processos são projetados. Eles são como “projetistas”, quando compram ou reorganizam a posição de um equipamento ou quando mudam o modo de trabalho em um processo. Uma decisão de projeto afeta o formato e a natureza física de seus processos, bem como o seu desempenho, pois projeto de processos e projeto de serviços ou produtos são inter-relacionados (SLACK, 2018).

2.1 O PLANEJAMENTO E ADMINISTRAÇÃO DA PRODUÇÃO

O uso de técnicas, ferramentas e processos de gerenciamento de projetos fornece uma base sólida para as organizações atingirem suas metas e objetivos. Sendo assim, através da solicitação do cliente, objetivou-se criar uma fábrica para reduzir os custos com importação, agilizar a entrega dos produtos e facilitar a logística de transportes, pois o mercado é bastante promissor.

Segundo Slack (2018, p. 39):

Administração da produção é a atividade de gerenciar recursos que criam e entregam serviços e produtos. A função produção é a parte da organização responsável por essa atividade. Toda organização possui uma função produção, pois toda organização produz algum tipo de produto e/ou serviço. Entretanto, nem todos os tipos de organização, necessariamente, denominam a função produção por esse nome.

Gerentes de produção são as pessoas que têm responsabilidade particular em administrar algum ou todos os recursos que fazem parte da função produção.

Um entendimento geral das operações e dos processos e seu propósito e desempenho estratégico, acompanhado de um comentário sobre como o propósito estratégico é transformado em realidade, são pré-requisitos para o projeto detalhado das operações e dos processos. Deve-se planejar e

controlar a entrega do processo. Sendo assim, os gerentes de produção têm a responsabilidade de desenvolver as capacidades de seus processos para melhorar o seu desempenho (SLACK, 2018).

2.2 O LAYOUT

O arranjo físico (ou layout) de uma operação ou processo significa a forma como seus recursos de transformação são posicionados entre si, como suas várias tarefas são alocadas a esses recursos de transformação e a aparência geral desses recursos. Juntas, essas duas decisões irão ditar o padrão e a natureza de como os recursos transformados progridem pela operação ou processo.

O *layout* físico de uma operação produtiva preocupa-se com a localização física dos recursos de transformação. Definir o arranjo físico de uma organização é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção. O *layout* físico é uma das características mais evidentes de uma operação produtiva porque determina sua “forma” e aparência. É aquilo que a maioria das pessoas nota quando entra pela primeira vez em um lugar.

A literatura sobre o assunto, invariavelmente, define quatro ou cinco formas de se organizar um arranjo físico produtivo (PEINADO, 2007): arranjo por produto ou por linha; arranjo por processo ou funcional; arranjo celular; arranjo por posição fixa; arranjo misto.

2.3 ERGONOMIA E SAÚDE OCUPACIONAL

Um dos principais riscos encontrados nos mais diversos ambientes de trabalho e responsável por uma gama variável de doenças ocupacionais é o Risco Ergonômico. O ambiente de trabalho ergonomicamente incorreto é um causador importante das doenças ocupacionais nos trabalhadores.

Quais são as consequências advindas de um ambiente laboral onde o trabalhador é submetido a fatores de riscos ergonômicos? O que fazer para prevenir o aparecimento de doenças nesses ambientes de trabalho? (SANTOS, 2008).

A ergonomia procura a adaptação confortável e produtiva entre o ser humano e seu trabalho. A sua aplicação, portanto, visa basicamente o aumento do conforto, a diminuição de lesões e o consequente aumento da produtividade e qualidade de vida do trabalhador.

A ergonomia é um conjunto de ciências e tecnologias que procura a adaptação confortável e produtiva entre o ser humano e seu trabalho. A sua aplicação, portanto, visa basicamente o aumento do conforto, a diminuição de lesões e o consequente aumento da produtividade e qualidade de vida do trabalhador (SANTOS, 2008).

2.4 O LEAN MANUFACTURING E O PENSAMENTO ENXUTO

O termo "Lean" foi reconhecido originalmente como um modelo de produção no livro *The Machine that Changed the World*, de James P. Womack, Daniel T. Jones e Daniel Roos, publicado nos Estados Unidos em 1990. A obra mostra um estudo sobre a indústria automobilística mundial realizado pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT) e criou a denominação "produção enxuta" (Lean manufacturing) (KOSKELA, 1992).

A filosofia *Lean*, ou o *Lean Manufacturing*, surgiu no Japão, tendo como criador Taiichi Ohno, engenheiro e chefe de produção da Toyota no período posterior à Segunda Guerra Mundial. Ohno liderou o desenvolvimento de um sistema de gestão, ao longo das décadas de 1950 e 1960, que buscou a mais alta qualidade no menor prazo e com o menor custo por meio da eliminação do desperdício, chamado Sistema Toyota de Produção (SHINGO, 1996).

A filosofia *Lean* traz ganhos em produtividade, qualidade e desenvolvimento de processos produtivos, sendo por isso escolhida como estudo e abordagem para o sucesso desta organização.

O grande desafio desta pesquisa foi direcionar a técnica *Lean*, adaptando e aplicando a situação identificada no conjunto de informações ou coleta de dados passados em uma reunião com o cliente do estudo piloto.

A produção enxuta visa atender instantaneamente a demanda, com qualidade perfeita, sem desperdício e com baixo custo. Isso envolve fornecer produtos e serviços em sincronização perfeita com a demanda por eles. Esses princípios foram uma ruptura radical na prática tradicional de administração da produção. Os princípios da produção enxuta se aplicam a todos os setores, incluindo finanças, saúde, TI, varejo, construção, agricultura e o setor público (SLACK, 2018).

A eliminação de desperdícios é um fundamento que constitui a Produção Enxuta. A empresa deixa de utilizar sua capacidade máxima e passa a produzir de acordo com a demanda do mercado (KOSKELA, 1992).

Enquanto todas as atividades despendem custo e tempo, somente as atividades de conversão podem agregar valor ao produto. Logo, para se reduzir perdas num determinado processo, é necessário reduzir ou eliminar as atividades de fluxo e tornar as atividades de conversão mais eficientes.

Segundo Womack e Jones (1998, p. 3): “o pensamento enxuto é uma forma de especificar valor, alinhar na melhor sequência as ações que criam valor, realizar essas atividades sem interrupção toda vez que alguém as solicita e realizá-las de forma cada vez mais eficaz”.

2.5 IDENTIFICANDO O DESPERDÍCIO

O desperdício não é um problema que surge no momento da execução do projeto, mas que se origina por meio de uma sucessão de erros em todas as etapas do processo que envolve: planejamento, projeto e execução. A redução de gastos desnecessários devido a esses desperdícios, começa a ser evitada com um planejamento adequado e vai até a execução controlada e racionalizada deste projeto (MESSEGUER, 1991).

Melhorar a qualidade no processo de uma organização tem sempre um impacto positivo, caso contrário, continuarão a existir produtos rejeitados ou danificados, o que resulta num retrabalho de recuperação desses produtos, aumentando, assim, os custos e a quantidade de clientes insatisfeitos.

Para uma empresa, é de fundamental importância que as perdas sejam identificadas, pois, somente assim, torna-se possível estabelecer diretrizes eficazes no sentido de sua minimização ou eliminação.

2.5.1 PERDAS POR SUPERPRODUÇÃO

Conforme Slack (2018, p. 733), é “produzir mais ou menos do que for imediatamente necessário para o próximo estágio, processo ou operação”.

A perda por superprodução ocorre nas empresas quando o que é produzido é superior ao que é realmente encomendado pelo cliente.

2.5.2 PERDAS POR TRANSPORTE

Movimentar itens ou clientes em torno da operação, junto com a manipulação dupla e tripla de componentes, não agregam valor. Mudanças do arranjo físico que aproximam os processos e melhoram os métodos de transporte e a organização do local de trabalho podem reduzir o desperdício (SLACK, 2018).

2.5.3 PERDAS POR PROCESSAMENTO

O próprio processo pode ser uma fonte de desperdício. Algumas operações podem existir somente devido ao mau projeto do componente ou da má manutenção e, assim, podem ser eliminadas (SLACK, 2018).

Processo desnecessário é qualquer atividade que não acrescenta valor, do ponto de vista do cliente. Assim, de acordo com Womack, et al. (1998), significa a existência, no processo de produção, de esforços que não acrescentam valor a um produto ou serviço. As principais causas da existência deste

tipo de desperdício são a indefinição ou definição inadequada dos requisitos dos clientes, o pouco ou escasso esclarecimento das instruções de trabalho e especificações de qualidade mais rigorosas do que o necessário.

2.5.4 PERDAS POR PRODUTOS DEFEITUOSOS

Segundo Slack (2018, p. 734), “o desperdício causado pela má qualidade é significativo na maior parte das operações. Os erros em produto ou serviço causam perda de tempo para clientes e processos, até que sejam corrigidos”.

Erros ocorrem em todos ambientes fabris, mesmo que muito bem planejados e projetados, portanto é necessário que haja uma ação e troca de informações entre setores, que possam ser facilmente visualizados, para que os erros não se tornem defeitos, pois os dois tem uma relação de causa e efeito.

2.5.5 PERDAS POR MOVIMENTO

Um operador pode parecer ocupado, mas, às vezes, nenhum valor está sendo agregado ao trabalho. A simplificação do trabalho é uma fonte rica de redução do desperdício da movimentação (SLACK, 2018).

Qualquer movimentação de pessoas que não contribua para gerar valor acrescentado ao produto ou serviço é considerado um desperdício. A maioria das ocorrências deste tipo de desperdício deve-se à falta de organização, à incorreta disposição dos equipamentos ou ferramentas de trabalho e à utilização de práticas de trabalho incorretas (WOMACK, et al., 1998).

2.5.6 PERDAS POR ESPERA

O tempo de espera ocorre quando o material, pessoas, equipamento ou informação não estão disponíveis, quando necessários. Numa organização, as principais causas dos tempos de espera são avarias de equipamentos, retrabalho, atrasos ou falta de materiais ou mesmo de mão-de-obra, a existência de gargalos na produção ou a possibilidade do *layout* de produção utilizado ser ineficiente (WOMACK, et al., 1998).

As perdas nos movimentos e por espera, apesar de não gerarem resíduos, precisam ser eliminadas, pois geram desperdícios de tempo e dinheiro. E o tempo, em favor da gestão, ocasiona o aumento da produtividade.

2.5.7 PERDAS POR ESTOQUE

Independentemente do tipo de produto, qualquer estoque deve tornar-se alvo de eliminação. Entretanto, é apenas combatendo os fluxos irregulares dos processos ou filas que ele pode ser reduzido.

No estoque, a existência de materiais, peças ou produtos em excesso às necessidades do processo ou do cliente, é considerado desperdício quando, por exemplo, existe uma utilização excessiva de recursos de movimentação, mão-de-obra, equipamentos e uma ocupação dos meios de armazenamento, entre outros (WOMACK, et al., 1998).

2.6 O MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR (VSM)

O mapeamento do fluxo de valor (Value Stream Mapping) é uma abordagem simples, mas eficaz, para entender o fluxo de materiais e informações à medida que um produto ou serviço é agregado enquanto passa por um processo, operação ou rede de suprimento. Ele mapeia visualmente a “produção” de um produto ou serviço do início ao fim. Ao fazer isso, registra não apenas as atividades diretas de criação de produtos e serviços, mas também os sistemas de informação “indiretos” que apoiam o processo direto. É denominado mapeamento de “fluxo de valor” porque foca as atividades de agregação de valor e distingue entre as atividades que agregam e não agregam valor (SLACK, 2018).

O tempo de atravessamento é assumido como uma medida substituta para o desperdício em um processo. Quanto mais tempo os itens processados forem mantidos em estoque, movimentados, conferidos ou sujeitos a algo mais que não agregue valor, mais tempo eles demoram para atravessar o processo. Assim, examinar o que ocorre aos itens em um processo é um excelente método de identificar fontes de desperdício.

O mapeamento do fluxo de valor é como o ponto de partida para ajudar a reconhecer o desperdício e identificar suas causas. Já o termo Kaizen tem origem japonesa e significa melhoria contínua. É uma filosofia em que as iniciativas da organização estão alinhadas com os objetivos de negócio para impulsionar o crescimento e melhoria constante (PINTO, 2007).

2.7 O TAKT TIME (TT)

Takt Time (do alemão Taktzeit, onde Takt significa compasso, ritmo e Zeit significa tempo, período) é o tempo que uma linha de produção demora para montar uma peça. É o tempo disponível para a produção dividido pela demanda de mercado. Orienta a maneira pela qual a matéria prima avança

pelos processos, ou seja, é o tempo máximo permitido para cada estação de trabalho antes que a tarefa seja passada para a estação seguinte (PEINADO, 2007).

O planejamento e programação da produção da fábrica analisada procura adequar a demanda esperada às possibilidades do sistema produtivo. Este objetivo poderá ser alcançado pela utilização racional dos tempos, recursos de matéria-prima e tecnologia, evitando-se os gargalos.

O objetivo do Takt Time é alinhar a produção à demanda, com precisão, fornecendo um ritmo, uma padronização do sistema de produção.

2.8 PROCESSOS DE MELHORIA

A avaliação de desempenho na organização requer uma decisão planejada de como e quais os aspectos que deverão ser considerados e medidos, evitando que o relatório de desempenho fique fora de controle ao restringir o número de medidas e focar, especialmente, aquelas consideradas essenciais e quais as medidas detalhadas que devem ser usadas (SLACK, 2018).

Na organização, todas as operações qualificadas e consideradas ótimas são passíveis de melhoria, incluindo ações ao nível de departamentos, equipamentos ou processos. Considera-se melhoria contínua, a diminuição da diferença entre o estado atual e o estado desejado. Desta diferença resultante da avaliação, deverá ser considerada como ponto de partida para a implementação de uma abordagem Kaizen na organização (SLACK, 2018).

Com base nos resultados dos estudos decorrentes da empresa em questão, tem-se como meta avaliar o desempenho corrente estimado de cada processo ou operação para o layout de fábrica proposto, definindo uma meta de desempenho da linha de produção com base nos dados resultantes e estimados que validassem os investimentos iniciais e totais e o próprio layout de fábrica a ser feito. Para isso, fez-se uso de ferramentas como o VSM, que é o Mapeamento do Fluxo de Valor, o Kaizen e o Takt Time.

3. MÉTODO

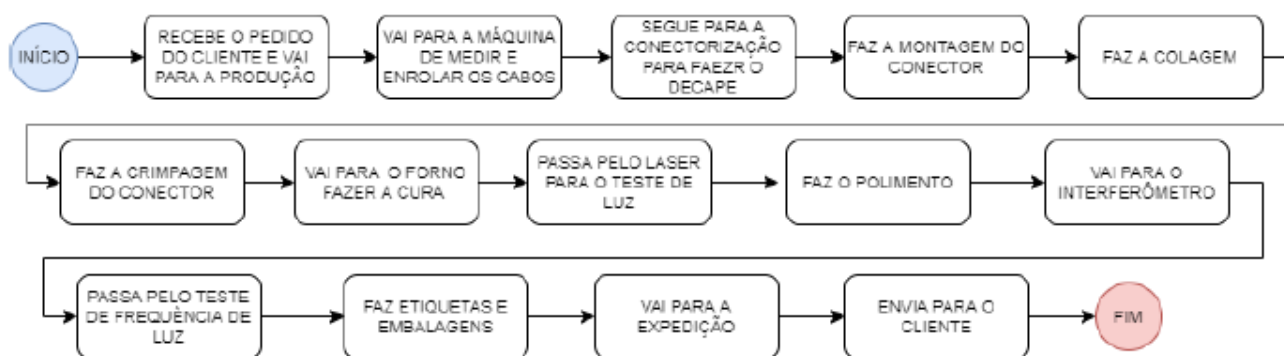
Neste capítulo serão abordados a metodologia e o enfoque experimental utilizados no trabalho que está sendo desenvolvido, com uma abordagem tecnológica, analisando os princípios e algumas ferramentas da filosofia *Lean* (Produção Enxuta). Deseja-se então explorar como esta filosofia se estende a esta organização e qual a sua aplicação prática como forma de aumentar a sua produtividade e melhorar todos os seus processos, sem desperdícios.

Em termos de processos de produção, a fábrica trabalha com máquinas crimpadoras, fornos de cura, interferômetro, laser, máquinas de teste, corte de cabos, impressoras de etiquetas e caixas de papelão para embalagem. Ajustes em alguns desses processos serão necessários para um bom funcionamento da empresa.

Conforme a Figura 1, segue um fluxograma básico dos processos envolvidos na empresa para a conectorização de cabos ópticos.

Conectorização consiste basicamente no alinhamento de fibras ópticas. Após o decape do cabo, em cada fibra é colocado um conector óptico e este conector é encaixado em um acoplador óptico de modo a tornar possível o alinhamento entre as fibras, sem uni-las definitivamente.

Figura 1 – Fluxograma dos processos de produção



Fonte: autores (2021).

Um dos processos observados na linha de produção é que vindo de fábrica, não havia um dispositivo de segurança nas máquinas crimpadoras, correndo o risco de acidente grave na sua operação, visto que elas têm uma pressão muito forte, de 1,5 toneladas, podendo até decepar um dedo, conforme observa-se nas Figuras 2 e 3.

Figura 2 – Máquina Crimpadora



Fonte: autores (2021).

Figura 3 – Detalhe da crimpadora sem segurança



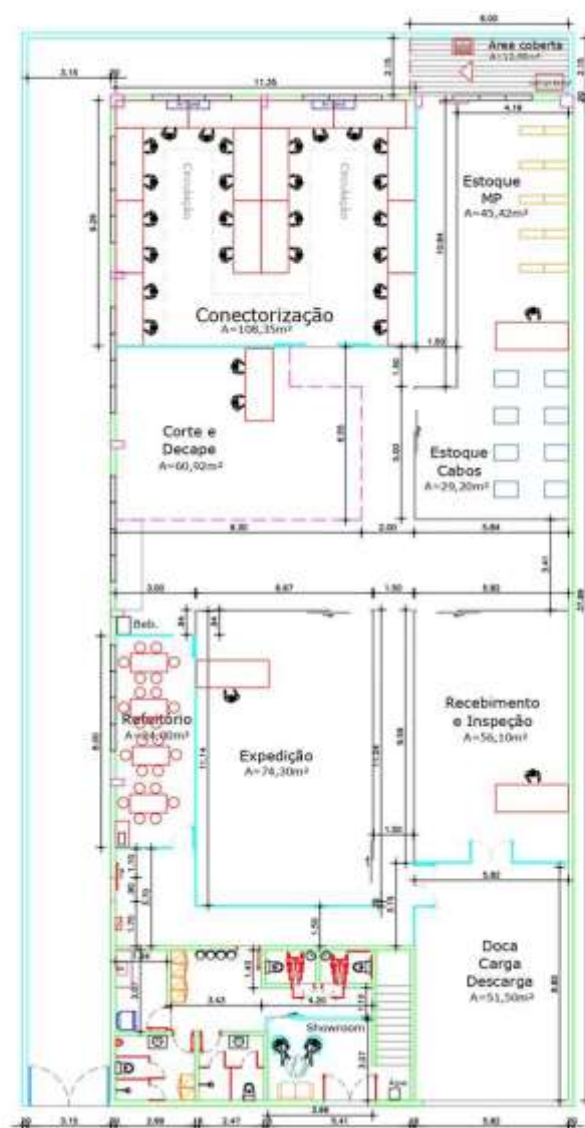
Fonte: autores (2021).

3.1 A ESCOLHA DO LAYOUT

A escolha de um arranjo físico inadequado pode acarretar padrões de fluxo excessivamente longos ou confusos, estoque de materiais, filas de clientes formando-se ao longo da operação, tempos de processamento desnecessariamente longos, operações inflexíveis e altos custos. Para acertar na escolha do *layout* foram considerados todos os fluxos de movimentação de produtos (entrada e saída) e pessoas, bem como a intensidade destes e a necessidade de armazenamento por tipo de produto.

A definição do *layout* da fábrica visou definir onde colocar todas as máquinas, equipamentos, instalações de apoio e pessoal, com a utilização do espaço disponível, conforme Figura 4.

Figura 4 – Layout geral da fábrica



Fonte: autores (2021).

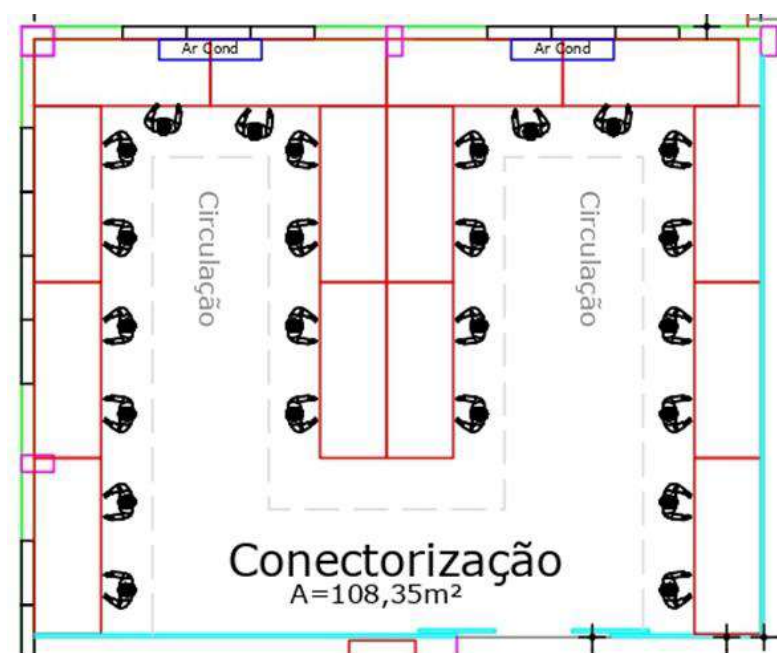
3.1.1 O ARRANJO FÍSICO EM LINHA

O *layout* em linha objetiva otimizar o custo e flexibilidade da produção, melhorar o fluxo de materiais e pessoas, além das operações que podem ser executadas por esses recursos, com a racionalização dos espaços e diminuição do tempo das operações.

Quando as máquinas são posicionadas em linhas, destinadas a uma família de produtos, o tempo de setup acaba por se reduzir, uma vez que menos tipos e famílias de produtos serão produzidos nestas linhas.

O layout da produção foi dividido em duas linhas tipo “U”, conforme Figura 5, sendo uma servindo de apoio à outra. A escolha desse layout se deu, basicamente, por indicação do consultor de implantação da fábrica e também pelo fato do proprietário da empresa já ter outra fábrica nesse mesmo formato, em outra localidade, na qual foi bem sucedida, além do que a proximidade entre setores e equipamentos reduz o tempo de ciclo do processo, facilita a movimentação, entrada e saída de pessoas e materiais. Além disto, há também a redução dos estoques em processo, em consequência da redução do tempo de espera dos itens em processamento entre uma estação de trabalho e outra. Por isso a escolha deste *layout* foi o ideal para a produção da fábrica de Conectorização, com previsão de até 24 funcionários nas duas linhas.

Figura 5 – Arranjo físico do setor de Conectorização



Fonte: autores (2021).

3.2 ERGONOMIA NA FÁBRICA

A importância de se considerar a ergonomia como um fator de transformação entre máquinas e equipamentos utilizados nos ambientes físicos e aspectos organizacionais da empresa proposta, produz resultados desejados.

Neste contexto, observou-se no processo fabril um exemplo de um fator ergonomicamente inadequado: a máquina de medir e enrolar cabos é ergonomicamente mais baixa do que à altura dos operadores (Figura 6). Isso ocasiona desconforto na sua utilização, já que ela é utilizada constantemente.

Figura 6 – Máquina de medição de cabos



Fonte: autores (2021).

Um projeto ergonômico de um posto de trabalho deve ser adequado aos limites e capacidades do indivíduo, seja física, psicológica ou mental. Deve otimizar as condições de trabalho para conquistar eficiência, produtividade, qualidade, evitar o erro humano, prevenir acidentes e doenças ocupacionais; deve proporcionar também conforto, segurança, qualidade de vida, bem-estar e satisfação no trabalho, por isso essa máquina deve estar adequada para a movimentação do trabalhador.

3.3 IDENTIFICANDO OS DESPERDÍCIOS

Sabe-se que existem sete desperdícios que servem como base para a implementação do *Lean Manufacturing*: espera; movimentação; processo desnecessário; superprodução; defeitos; estoque; transporte.

Na fábrica projetada e analisada, desde o início do seu funcionamento, já foram identificados alguns tipos de desperdício, descritos a seguir.

3.3.1 MOVIMENTAÇÃO

No layout de chão de fábrica do processo atual o deslocamento de matéria prima a ser manipulada e finalizada no final da linha vinha seguindo preceito do layout inicial.

A máquina de medição e cortes de cabos utiliza-se bobinas de diversos tamanhos, como: 2, 4, 8, 10 e 12km. Na empresa analisada, observou-se que são utilizadas bobinas de 2 km de cabos. Foi contabilizado então o tempo de uso da máquina, por amostragem de um dia de trabalho (Figura 7), e os resultados foram que: o tempo de colocar uma bobina nova e retirar uma velha ficou em média de 2 minutos e meio.

A troca constante de bobinas de 2 km durante todo o dia de trabalho ocasiona uma perda considerável de tempo e movimentação ao final do expediente, também tendo como consequência um alto volume de bobinas inutilizadas. Este processo de movimentação desnecessária poderia ser evitado com a utilização de bobinas de maior tamanho, como a de 12 km, por exemplo.

Figura 7 – Cronoanálise da máquina de medição de cabos



Fonte: autores (2021).

Com todo planejamento de produção e máquinas inseridas no *layout* proposto e no chão de fábrica, a produção se inicia, e ao longo dos processos iniciais houve um aquecimento de 3 meses que gerou uma curva de aprendizado para todos os envolvidos e em especial a equipe da produção dos cabos, mas que embora muito satisfatório e dotado de alta performance, percebe-se gargalos e pequenas falhas que serão tratados no próximo capítulo.

Por exemplo, sobra de muitos metros de cabos nas bobinas de 2 km retiradas da máquina. O pedido mínimo para um cliente é de 50 metros. Há sobras de 30, 35, 40 metros, que, infelizmente, não podem ser repassadas para o cliente, ficando, portanto como material de refugo e descarte.

Há, portanto, uma alta produção de bobinas para descarte no pátio que ocupam também um espaço desnecessário, além de prejudicar o meio ambiente (Figura 8). A quantidade de sobras de bobinas é tão grande que não coube no pátio interno e foi também armazenada no lado externo.

Figura 8 – Refugo de material



Fonte: autores (2021).

Um outro exemplo de movimentação desnecessária é o transporte de cabos dentro da sala de Conectorização.

A empresa comercializa cabos de 50, 100, 150, 200, 250, 300 e 400 metros e dependendo do tamanho, os cabos são bem pesados. O operador assim utiliza muita força para deslocar cabos pesados de 400 metros para a bancada atrás da máquina de polimento, caracterizando também riscos ergonômicos e correndo o risco de embarçar os conectores, atrasando o processo. Esse tempo de manipulação foi

contabilizado num dia de trabalho e o resultado não foi satisfatório. Para que o processo de polimento dos conectores seja satisfatório e aceitável, é preciso que o tempo de ciclo da máquina seja de até 18 minutos, conforme Tabela 1.

Tempo de ciclo é o tempo que uma linha de produção demora a montar uma peça. Ou seja, é o tempo máximo permitido para cada estação de trabalho antes que a tarefa seja passada para a estação seguinte.

Um ciclo só é finalizado quando todos os conectores passam por quatro diferentes tipos de lixa, cada uma com seu tempo de processo, conforme instruções no manual da máquina de polimento. Nesse tempo está previsto a troca constante de lixas, a limpeza da máquina, a retirada e a colocação dos conectores. Em amostragens de trabalho real, esse tempo foi praticamente duplicado, levando de 24 a 30 minutos em média. Isso ocasiona perda de processo produtivo na sua movimentação.

Tabela 1 – Tempo de ciclo da máquina de polimento

TEMPO DE CICLO DA MÁQUINA DE POLIMENTO		
LIXAS - TIPO	QUANT. UNIT. DE LIXAS	TEMPO DE USO (SEG)
ABASTECIMENTO DA BANDEJA		120
GA5D	1	40
INTERVALO DE LIMPEZA E TROCA (ENTRE LIXAS)		30
DR5D-9U	1	60
INTERVALO DE LIMPEZA E TROCA (ENTRE LIXAS)		30
DJ5D-1U	1	40
INTERVALO DE LIMPEZA E TROCA (ENTRE LIXAS)		30
XF5D	1	40
INTERVALO DE LIMPEZA E TROCA (ENTRE LIXAS)		30
DESCARREGAMENTO DA BANDEJA		120
TEMPO TOTAL (SEG)		540
TEMPO TOTAL POR CICLO (MIN) - TEÓRICO		9,0
TEMPO TOTAL POR CICLO (MIN) - ESTIMADO		18,0
DADO:		
QUANTIDADE DE CONECTORES POR BANDEJA (CICLO)		18

Fonte: autores (2021).

Esse tempo total de ciclo foi duplicado de 9 para 18 minutos já para se ter uma folga entre processos, por isso o termo “estimado”. Menor a esse tempo é ótimo, igual é ideal e além desse tempo é inaceitável. Essa movimentação dos cabos para a máquina de polimento gera um atraso considerável

num dia de trabalho. Um processo de melhoria estudado deverá ser adotado para amenizar essa situação.

3.4 VSM INICIAL

Uma perspectiva de fluxo de valor envolve trabalhar e melhorar o “panorama geral” em vez de apenas otimizar os processos individuais. É uma técnica que identifica o desperdício e sugere as formas pelas quais as atividades podem ser alinhadas. Através do *Takt Time*, que é o tempo disponível para a produção dividido pela demanda de mercado, é possível orientar a maneira pela qual a matéria prima avança pelos processos.

O TT (*Takt Time*) idealizado para a fábrica é de 66 segundos por peça, com a fabricação diária de 450 conectores, conforme Tabela 2. O tempo acima de 66 segundos é considerado um processo de gargalo.

No VSM inicial são visualizados os pontos de gargalo que precisam de melhoria.

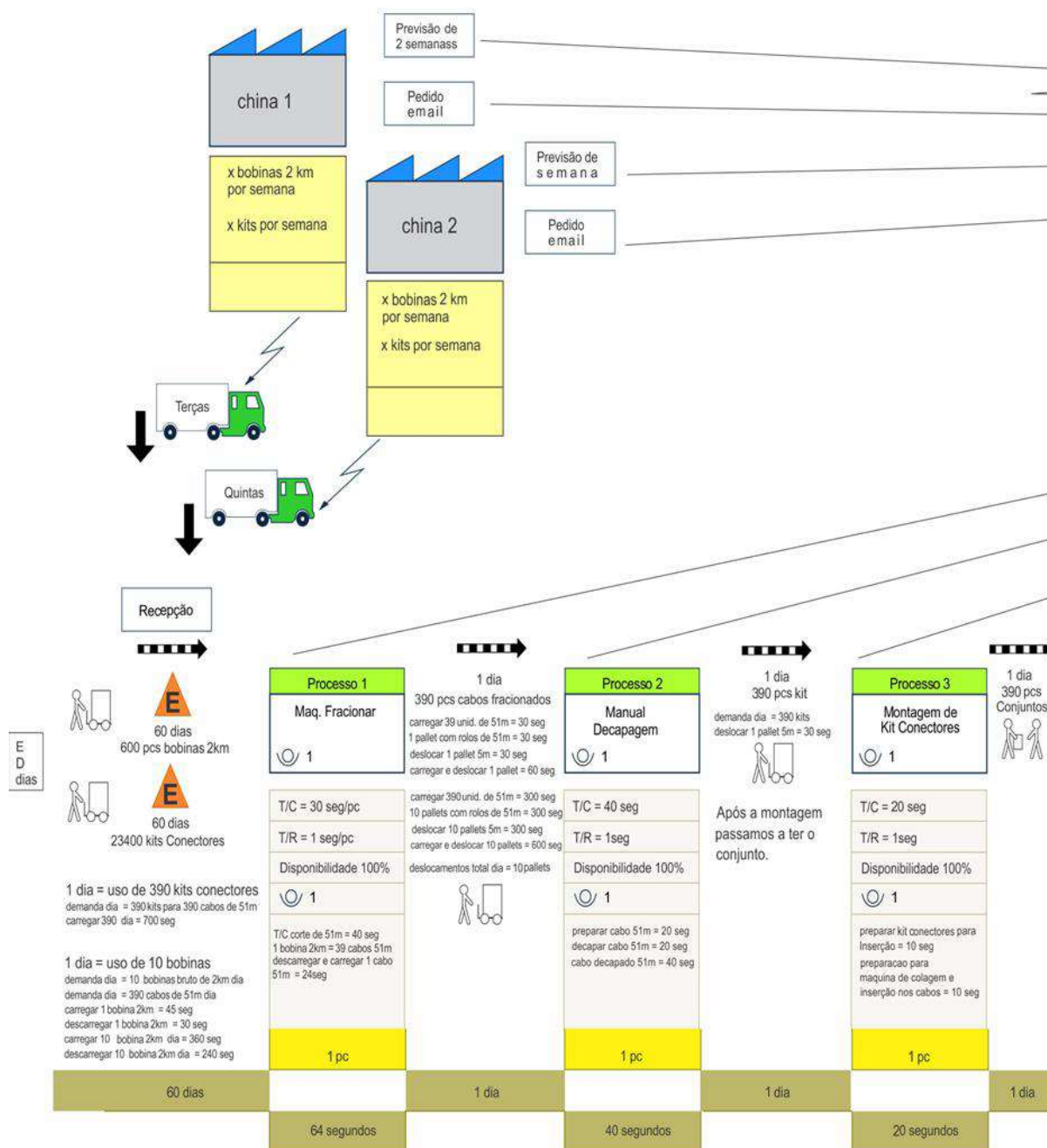
Tabela 2 – Takt Time idealizado

1 Turno semanal (5 dias)	44	Horas
Total	2.640	Minutos
OCORRÊNCIAS PLANEJADAS (por semana)	Minutos	
Paradas para café (x 5 dias) manhã e tarde	150	
SOMA	150,00	
OCORRÊNCIAS NÃO PLANEJADAS (por semana)	TURNO (minutos)	
Falta de energia / chuva	15	
SOMA	15,00	
Quant. Real produzida na semana		
Minutos por semana	2.640	
Ocorrências Planejadas	- 150	
Ocorrências Não Planejadas	- 15	
TOTAL DE MINUTOS EFETIVOS POR SEMANA	2.475,0	
TEMPO DE TRABALHO DISPONÍVEL POR DIA (MIN)	495,0	
PRODUÇÃO EXIGIDA (NÚMERO DE CONECTORES POR DIA)	450	unid
TAKT TIME	1,10	MIN
	66,00	SEGUNDOS

Fonte: autores (2021).

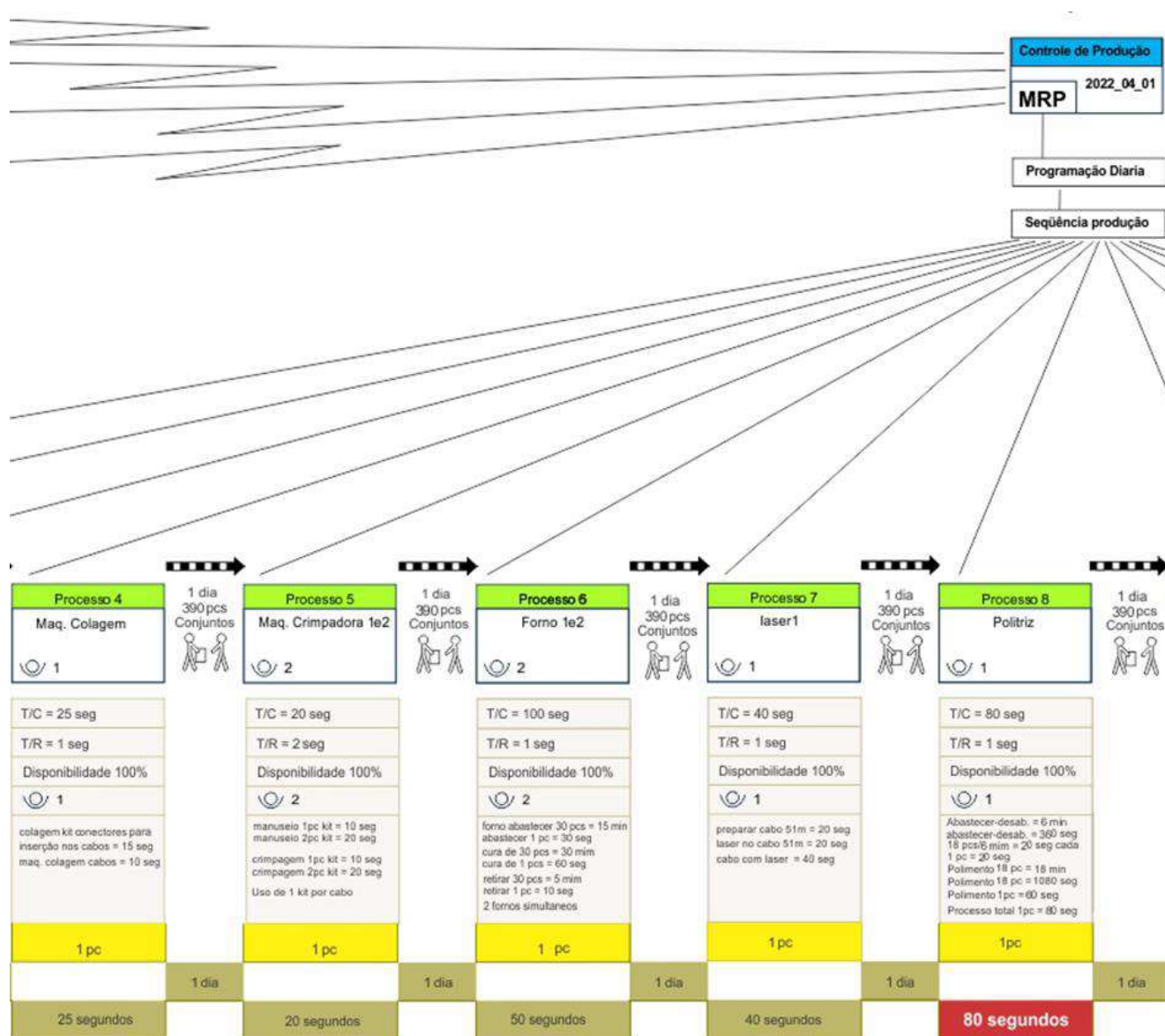
Com base nos processos produtivos e as resultantes de compilações reais recentes capturadas nos primeiros 6 meses de funcionamento da fábrica, elaborou-se um mapa funcional de todo cenário da empresa, tendo destacado uma fotografia de um momento comum na produção como ilustrado no VSM inicial, conforme Figuras 9, 10 e 11, onde observaram-se dois pontos de gargalo: operação de polimento e teste dos conectores.

Figura 9 – VSM Inicial – parte 1



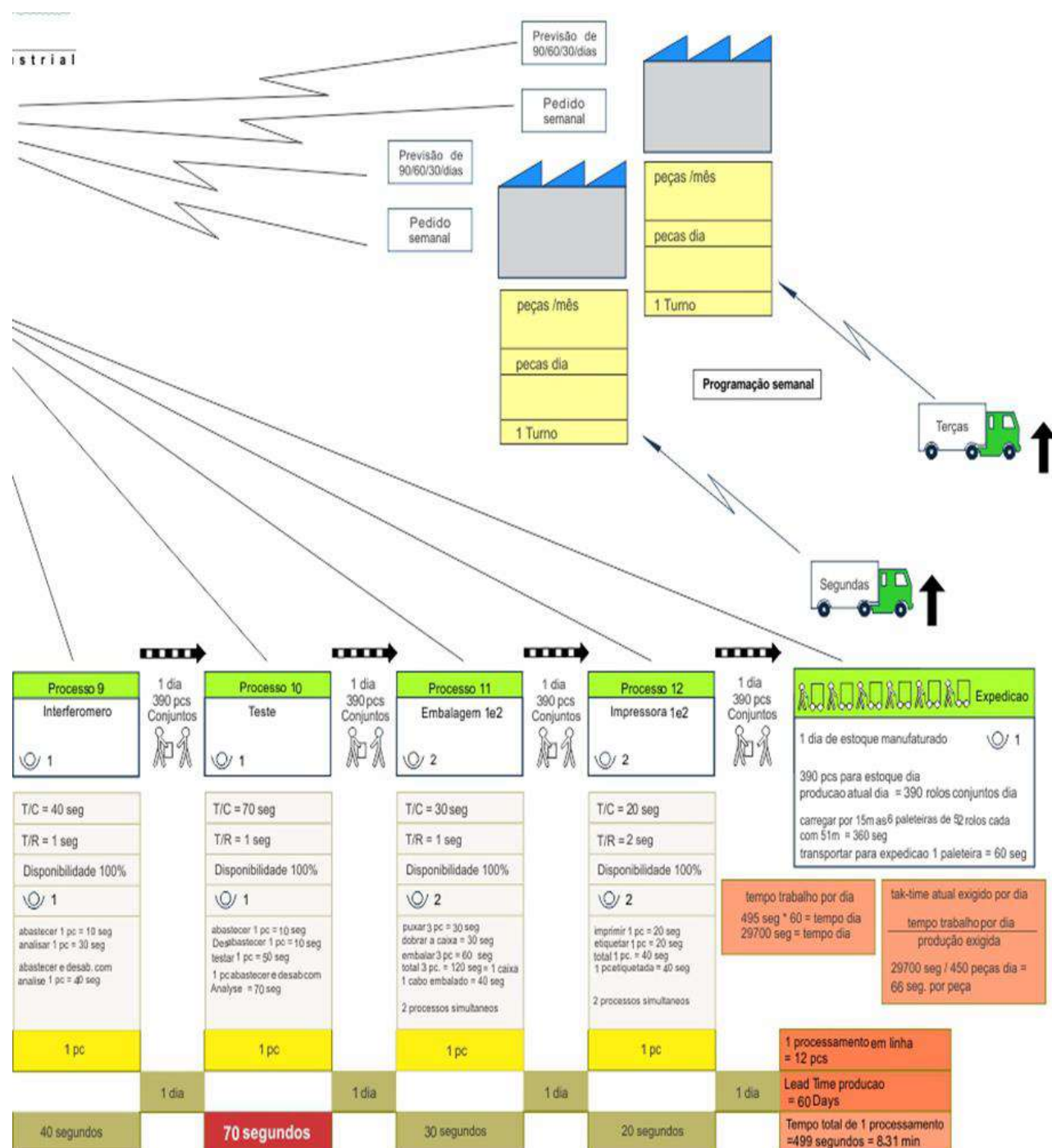
Fonte: autores (2021).

Figura 4 – VSM Inicial – parte 2



Fonte: autores (2021).

Figura 5 – VSM Inicial – parte 3



Fonte: autores (2021).

Uma cronoanálise inicial dos processos de Conectorização, com os tempos de manuseio manual e os tempos das máquinas, que descreve todo o VSM ilustrado acima e os seus pontos de gargalo que precisam de melhoria é descrita na Tabela 3.

Tabela 3 – Cronoanálise inicial dos processos de Conectorização para VSM.

Folha de Estudo de Processo		Processo: Conectorização										DATA: 20/12/2021	
												Observador: Irami Cardoso	
		Tempo Manual (seg.)										Tempo Padrão	
	Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Manual (seg)	
Pcresso 1	Fracionar cabo	24	20	24	24	20	26	24	26	20	24	24	
Pcresso 2	Decapagem	20	19	19	20	21	22	20	21	20	20	20	
Pcresso 3	Montagem	10	10	9	11	10	9	11	10	10	9	10	
Pcresso 4	Colagem	15	15	14	16	15	15	14	16	15	15	15	
Pcresso 5	Crimpagem	10	10	9	9	11	10	10	9	11	10	10	
Pcresso 6	Forno	20	20	18	20	22	18	20	20	18	20	20	
Pcresso 7	Laser	20	20	18	20	22	18	22	20	20	22	20	
Pcresso 8	Polir	20	20	18	20	21	21	20	18	20	20	20	
Pcresso 9	Interferômetro	10	10	9	11	10	10	9	11	10	9	10	
Pcresso 10	Teste	20	18	20	20	22	18	20	20	18	22	20	
Pcresso 11	Embalagem	10	10	9	9	12	10	10	9	10	12	10	
Pcresso 12	Impressora	10	10	11	9	10	10	9	11	10	10	10	

Folha de Estudo de Processo		Processo: Conectorização										DATA: 20/12/2021	
												Observador: Irami Cardoso	
		Tempo Máquina (seg.)										Tempo Padrão	
	Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Máquina (seg)	Total (seg)
Pcresso 1	Fracionar cabo	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	64
Pcresso 2	Decapagem	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	40
Pcresso 3	Montagem	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	20
Pcresso 4	Colagem	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	25
Pcresso 5	Crimpagem	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	20
Pcresso 6	Forno	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	50
Pcresso 7	Laser	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	40
Pcresso 8	Polir	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	80
Pcresso 9	Interferômetro	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	40
Pcresso 10	Teste	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	70
Pcresso 11	Embalagem	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	20	30
Pcresso 12	Impressora	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	20

Obs: como descobrir o Tempo Padrão? O menor tempo deve ser descartado. O Tempo padrão será o menor repetido.

Fonte: autores (2021).

4. RESULTADOS

Nesta fase será realizada uma análise crítica dos resultados obtidos na fábrica analisada, logo no começo da sua operação, comparando com os esperados e os visualizados na Fundamentação Teórica e Desenvolvimento.

4.1 MELHORIAS NOS EQUIPAMENTOS

A fábrica possui fornos de cura onde os conectores ficam por 30 minutos para secagem da cola. Ele precisa já estar aquecido para uso. Então, nas régua de energia onde os fornos ficam ligados, foram

instalados “timeres” com a programação de início para ligar a energia às 6:30H da manhã, meia hora antes do expediente, ficando assim o forno previamente aquecido e pronto para uso imediato, visto que o expediente da fábrica começa às 7:00H da manhã. Isso agiliza muito todo o processo da linha de produção.

As máquinas crimpadoras possuem uma pressão muito forte e rápida. Para assegurar a segurança e saúde do trabalhador que as utiliza, foram instalados, conforme a Figura 12, dispositivos de segurança com abertura somente para passar o cabo com o conector. O dedo do operador, portanto, não pode ultrapassar essa abertura.

Figura 6 – Dispositivo de segurança instalado na máquina crimpadora.



Fonte: autores (2021).

A máquina que faz a medição e corte de cabos estava mais baixa que a altura ideal para o trabalhador. Por questões de ergonomia, foi solicitado a elaboração de uma base com elevação de 30cm em relação à altura atual, Figura 13. Assim o operador pode operar a máquina em pé, sem problemas.

Figura 7 – Máquina de medição de cabos ergonomicamente adaptada



Fonte: autores (2021).

4.2 MELHORIAS NOS PROCESSOS DE PRODUÇÃO PARA EVITAR O DESPERDÍCIO

Um dado observado na produção é que a troca constante de bobinas menores gera uma perda de movimentação do trabalhador. Foi sugerido então que sejam utilizadas bobinas maiores de cabos com 12 km, assim a sua troca não seria tão constante, não perderia tanto tempo na sua reposição durante um dia de trabalho, por exemplo, além de que a bobina maior, sem interrupções, gera mais cabos cortados e maior produção efetiva.

Uma estimativa de produção diária para cabos cortados com 51 metros, comparada com bobinas de 2 e 12 km e suas trocas encontra-se descrita nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

O cabo é sempre cortado com 1 metro a mais para o cliente. Por motivo também de retrabalho, caso haja a necessidade de decapar mais um pedaço do cabo, esse metro a mais é uma garantia e segurança para se ter a metragem correta.

Tabela 4 – Quantidades de cabos por bobina de 2 km.

CABOS (M):	51	BOBINAS(M):	2.000	QUANT. CABOS POR BOBINA:			39
TROCA DA BOBINA	PROCESSO DA MÁQUINA: ENROLAR E CORTAR	PROCESSO MANUAL: EMBALAR P/ CONECTORIZAÇÃO	PROCESSO TOTAL	QUANT (UNID)	TEMPO TOTAL (1 BOBINA DE 2KM)	CICLO	
0:02:30					0:02:30		
	0:00:40	0:00:20	0:01:00	39	0:39:00		
					0:41:30		
TOTAL DE SEGUNDOS NUM CICLO					2490	1	
TOTAL DE 1 DIA DE TRABALHO EM SEGUNDOS			27000			10	
TOTAL DE CABOS DE 51M NUM DIA DE TRABALHO EFETIVO (7,5H)					390		

Fonte: autores (2022).

Tabela 5 – Quantidade de cabos por bobina de 12 km.

CABOS (M):	51	BOBINAS(M):	12.000	QUANT. CABOS POR BOBINA:			235
TROCA DA BOBINA	PROCESSO DA MÁQUINA: ENROLAR E CORTAR	PROCESSO MANUAL: EMBALAR P/ CONECTORIZAÇÃO	PROCESSO TOTAL	QUANT (UNID)	TEMPO TOTAL (1 BOBINA DE 2KM)	CICLO	
0:02:30					0:02:30		
	0:00:40	0:00:20	0:01:00	235	3:55:00		
					3:57:30		
TOTAL DE SEGUNDOS NUM CICLO					14250	1	
TOTAL DE 1 DIA DE TRABALHO EM SEGUNDOS			27000			2	
TOTAL DE CABOS DE 51M NUM DIA DE TRABALHO EFETIVO (7,5H)					470		

Fonte: autores (2022).

Para bobinas maiores, de 12 km, dariam para fazer então 470 cabos de 51 metros num dia de trabalho. Uma comparação entre as tabelas mostra um aumento de produção em 20%, praticamente.

Para bobinas com 12 km, a perda ao final do uso seria menor, assim como o espaço preenchido por ela após o descarte. O tempo para a troca seria maior, aumentando assim a produtividade. A dimensão

dos carretéis maiores tem em média 60 x 90cm, isso fará um menor volume, demorando para ocupar o pátio, evitando-se assim uma superprodução de bobinas para descarte.

4.3 MELHORIAS PARA AUMENTAR A PRODUTIVIDADE

Já para evitar a movimentação excessiva dos trabalhadores na sala de Conectorização, foi implantado então como melhoria no processo, um sistema de transporte aéreo. Nesse sistema, como pode ser visualizado na Figura 14, os cabos para conectorização foram dispostos em trilhos e pendurados em ganchos, nos quais passariam mais rapidamente em cada linha de produção, facilitando o trabalho.

Figura 8 – Sistema de transporte aéreo



Fonte: autores (2021).

Os cabos são pesados e o tempo para coloca-los na bancada, empilhá-los e arrumá-los agora é eliminado, visto que o sistema de roldanas faz todo esse trabalho (Figuras 15 e 16).

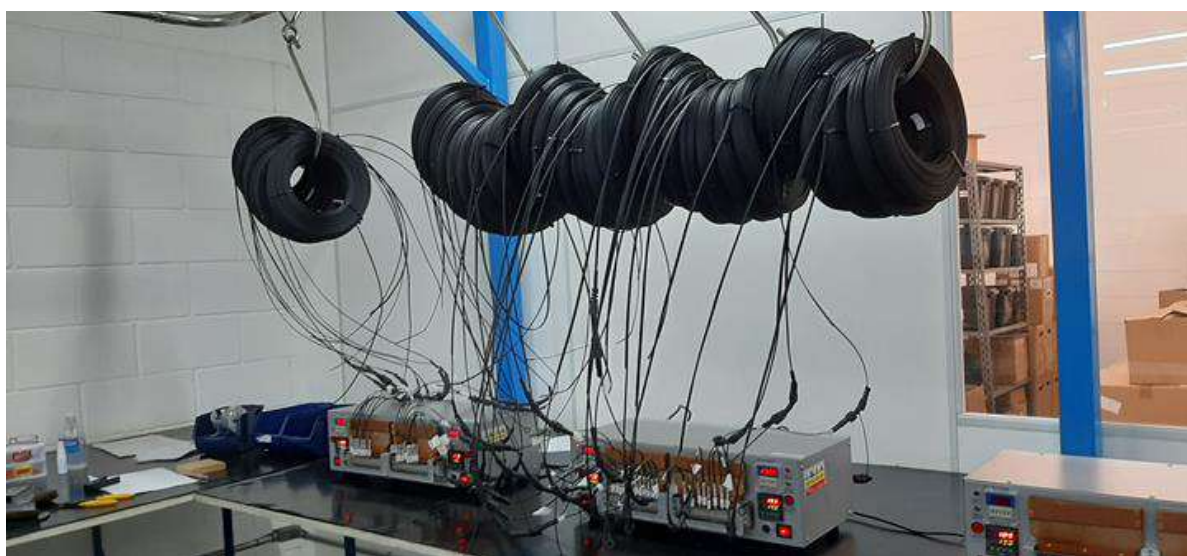
Uma nova medição para a máquina de polimento foi calculada e o seu resultado foi bastante satisfatório, assim como nos demais processos da linha.

Figura 9 - Melhoria de processo no polimento



Fonte: autores (2021).

Figura 10 – Utilização do sistema nos fornos de cura



Fonte: autores (2021).

Figura 11 – Utilização do sistema de roldanas em toda a linha



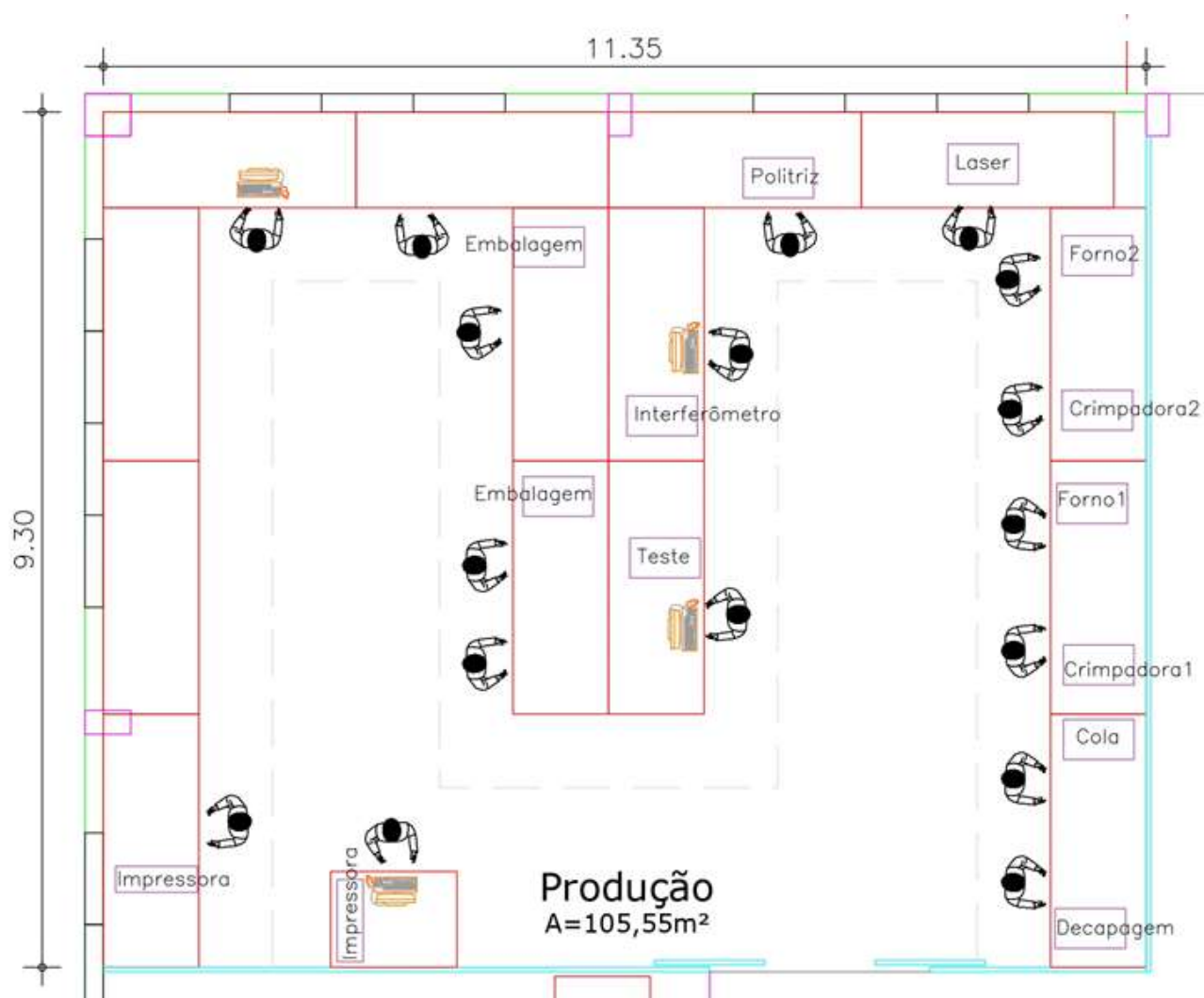
Fonte: autores (2021).

4.4 ADEQUAÇÃO DO LAYOUT

Com a instalação do sistema de transporte aéreo em toda a linha de produção, Figura 17, chegou-se a um layout ideal, com máquinas dispostas em proximidade e seus trabalhadores em cada posto, com a linha da esquerda servindo para montagem final, embalagens e dando apoio à linha da direita, conforme mostra a Figura 18.

Com a adequação, houve redução também na quantidade idealizada de trabalhadores, que passou de 24, inicialmente, para 17, tornando o processo mais enxuto e eficaz.

Para melhoria dos processos produtivos também foram elaboradas instruções de montagem para cada etapa da produção do conector e entregues para o operador na sua bancada, assim cada processo se torna padronizado e eficiente, evitando-se assim perdas por retrabalho ou processo desnecessário, aumentando a produtividade.

Figura 18 – Layout atualizado

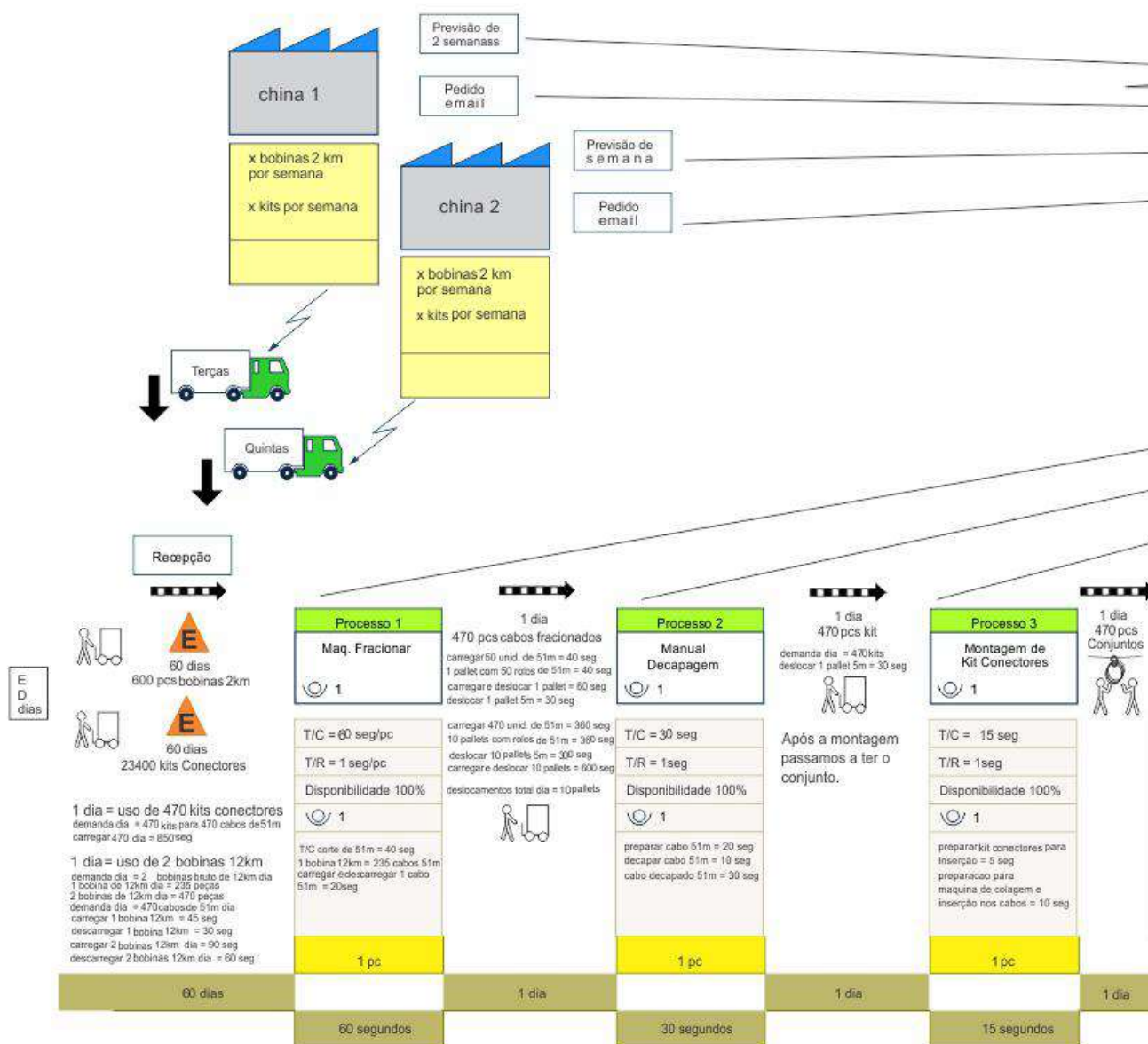
Fonte: autores (2021).

4.5 VSM FINAL

Nas Figuras 19, 20 e 21 são mostradas um VSM final que descreve um resultado bastante satisfatório com a instalação deste sistema de transporte aéreo no *layout*, assim como os tempos de movimentação manual e de máquinas atualizados, não existindo, portanto, a formação de gargalos.

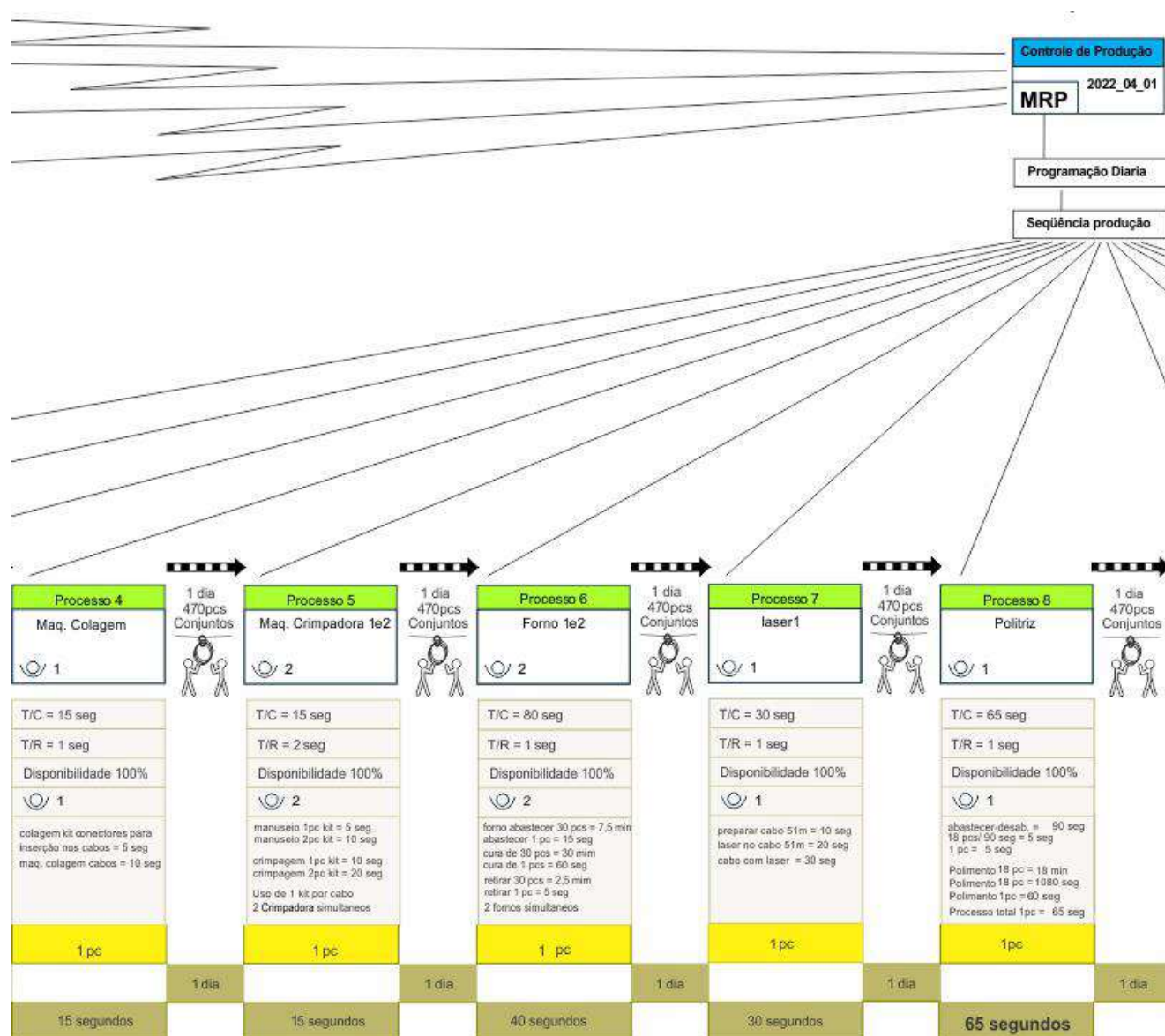
Os tempos ajustados e atualizados de processos manuais e de máquinas na linha de Conectorização são descritos na Tabela 6.

Figura 19 – VSM final – parte 1



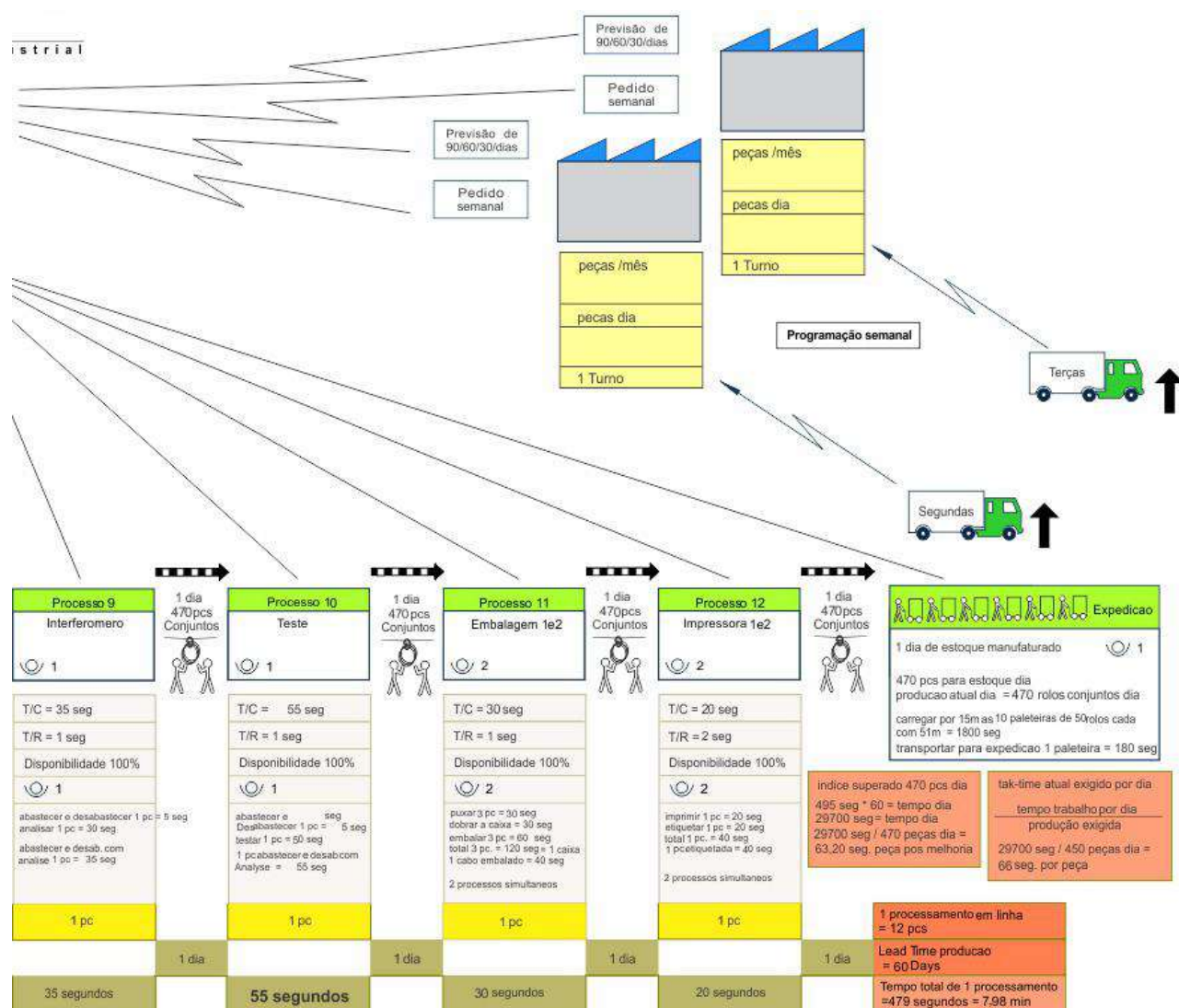
Fonte: autores (2022).

Figura 20 – VSM final – parte 2



Fonte: autores (2022).

Figura 12 – VSM final – parte 3



Fonte: autores (2022).

Tabela 6 - Cronoanálise final dos processos de Conectorização para VSM.

Folha de Estudo de Processo		Processo: Conectorização										DATA: 14/01/2022	
												Observador: Irami Cardoso	
		Tempo Manual (seg.)										Tempo Padrão	
	Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Manual (seg)	
Prcesso 1	Fracionar cabo	20	20	19	20	21	19	20	19	21	20	20	
Prcesso 2	Decapagem	10	10	10	8	12	10	10	8	10	12	10	
Prcesso 3	Montagem	5	5	4	6	5	5	4	6	5	5	5	
Prcesso 4	Colagem	5	5	5	4	4	6	5	6	5	5	5	
Prcesso 5	Crimpagem	5	5	4	4	5	6	4	5	5	4	5	
Prcesso 6	Forno	10	10	9	11	10	10	11	9	10	11	10	
Prcesso 7	Laser	10	9	10	10	9	12	10	9	10	12	10	
Prcesso 8	Polir	5	5	4	5	6	4	5	5	4	6	5	
Prcesso 9	Interferômetro	5	5	5	4	5	6	5	4	6	5	5	
Prcesso 10	Teste	5	5	5	6	4	5	4	5	5	6	5	
Prcesso 11	Embalagem	10	10	12	9	10	9	12	10	9	10	10	
Prcesso 12	Impressora	10	10	11	8	10	10	8	11	10	10	10	

Folha de Estudo de Processo		Processo: Conectorização										DATA: 14/01/2022	
												Observador: Irami Cardoso	
		Tempo Máquina (seg.)										Tempo Padrão	
	Atividade	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Máquina (seg)	
Prcesso 1	Fracionar cabo	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	
Prcesso 2	Decapagem	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Prcesso 3	Montagem	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Prcesso 4	Colagem	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Prcesso 5	Crimpagem	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Prcesso 6	Forno	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
Prcesso 7	Laser	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Prcesso 8	Polir	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	
Prcesso 9	Interferômetro	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	
Prcesso 10	Teste	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
Prcesso 11	Embalagem	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	20	
Prcesso 12	Impressora	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	

Obs: como descobrir o Tempo Padrão? O menor tempo deve ser descartado. O Tempo padrão será o menor repetido.

Fonte: autores (2021).

5. DISCUSSÕES

Com a implantação desse sistema de transporte aéreo na sala de Conectorização, a produção final tornou-se mais ágil e eficaz num dia de trabalho, atingindo a meta de 450 conectores por dia ou até mais. Muitas vezes, por não atingir a meta de 450 conectores por dia, a fábrica acabava por atrasar os pedidos dos seus clientes, deixando-os insatisfeitos.

Houve, portanto, um ganho significativo de tempo ao final da produção, fazendo com que a empresa produzisse mais cabos conectorizados.

Com a adequação ao novo layout, houve redução também na quantidade idealizada de trabalhadores, tornando o processo mais enxuto e eficaz.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As perdas nem sempre podem ser eliminadas do sistema produtivo, mas elas podem ser constantemente monitoradas e reduzidas. Elas devem ser combatidas e minimizadas ao máximo, pois quanto maior as perdas, maiores serão os problemas da empresa no futuro e mais difícil será para aperfeiçoar o seu processo produtivo.

É importante conhecer as etapas de um processo produtivo para poder ser capaz de evitar e reduzir gastos com possíveis falhas. O planejamento e o controle do fluxo de produção torna-se necessário para um melhor acompanhamento sobre a evolução dos mercados, que estão cada vez mais exigentes e complexos.

O objetivo desta pesquisa foi estudar os processos iniciais de uma empresa e poder, de alguma forma, ajudar na sua eficiência e produtividade, com a melhoria de processos existentes, através de ferramentas ágeis e de fácil utilização, como a troca de bobinas menores por maiores e a implantação de um sistema aéreo que permitisse uma maior mobilidade na linha de produção, resultando num maior número de cabos conectorizados por dia. Com isso, a fábrica tem a possibilidade de receber mais clientes e progredir.

Basicamente, com este estudo de caso, conseguimos com abordagem e características do uso da ferramenta VSM descrever e encontrar as falhas para melhorias da metodologia de implantação da filosofia Lean em um ambiente fabril, que embora previamente proposto e que tem implementado uma manufatura enxuta desde o início, mas que a princípio, no modelo atual inicial não tinha atingido fluxo de valor satisfatório como planejado, onde nos proporcionou desafios e nos debruçarmos sobre o tema para buscar solução que após as implementações confirmassem melhorias de desempenho e resultados financeiros.

REFERÊNCIAS

- KOSKELA, L. Application of the New Production Philosophy to Construction. Austin, Texas: The Construction Industry Institute (CI), 1992. (Technical Report, 72).
- MESSEGUER, Álvaro. Controle e garantia da qualidade na construção. São Paulo: SINDUSCON, 1991.
- OLIVEIRA, Maria Carolina Gomes et al. A busca da qualidade do processo construtivo através de um programa de medição de perdas. In: VII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. Florianópolis: UFSC, v.2, 1998.
- PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. Administração da Produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: UnicenP, 2007.
- PINTO, João P; GONÇALVES, Hugo (2007). “Glossário de termo”. Comunidade Lean Thinking. Disponível em <www.docplayer.com.br>. Acesso em [14 out 2021].
- SANTOS, Carlos Maurício. Ergonomia: análise e projeto ergonômico do posto de trabalho. São Paulo, 2008.
- SHINGO, Shingeo. O Sistema Toyota de Produção do ponto de vista da Engenharia de Produção. Porto Alegre: Bookman, 1996.
- SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. Administração da Produção; tradução: Daniel Vieira. 8. Ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- STEVENSON, Willian J. Administração das operações de produção. Rio de Janeiro: LTC, 2001.
- WOMACK, J. P; JONES, D. T. A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

Capítulo 4



10.37423/230708002

LÍQUIDOS IÔNICOS: PROPRIEDADES E APLICAÇÃO NA DISSOLUÇÃO E REGENERAÇÃO DA CELULOSE

Aline Ferreira Knihs

Universidade Federal de Santa Catarina



Resumo: Este estudo apresenta uma análise abrangente sobre os líquidos iônicos (LIs) e seu papel na dissolução da celulose. Os LIs são definidos como sais com ponto de fusão abaixo de 100 °C e possuem propriedades únicas, como elevada estabilidade térmica e química. São considerados solventes verdes, sendo não inflamáveis, pouco voláteis e recicláveis. Os LIs à base de imidazol são amplamente estudados e possuem diversas aplicações como solventes, catalisadores, sensores e na área medicinal, as quais serão abordadas neste capítulo. Será dado destaque à capacidade dos LIs na dissolução da celulose em processo envolvendo baixas temperaturas e elevada estabilidade química, o qual é considerado promissor para a produção de fibras têxteis de celulose regenerada.

Palavras-chave: Líquidos iônicos; Dissolução de celulose; Regeneração.

1. INTRODUÇÃO

Os líquidos iônicos (LIs) têm despertado um interesse crescente na área científica devido às suas propriedades únicas e às diversas aplicações que podem ser exploradas. Esses compostos são definidos como sais com um ponto de fusão abaixo de 100 °C e consistem em íons orgânicos e/ou inorgânicos. Desde sua descoberta, os LIs têm sido amplamente estudados e classificados de diferentes maneiras por diversos pesquisadores (HERMANUTZ *et al.*, 2019b; LETHESH *et al.*, 2020).

Uma das características mais promissoras dos LIs é sua capacidade de dissolver e regenerar a celulose, um dos principais componentes da biomassa lignocelulósica. A dissolução da celulose em LIs oferece uma alternativa verde e de baixa temperatura para o processamento desse material, abrindo caminho para a produção de filmes e fibras celulósicas regeneradas com propriedades ajustáveis (PINKERT *et al.*, 2009; VERMA *et al.*, 2019).

Neste contexto, este capítulo tem como objetivo explorar as propriedades dos líquidos iônicos e suas aplicações na dissolução e regeneração da celulose. Serão abordados aspectos como a estrutura química dos LIs, os diferentes cátions e ânions utilizados, bem como os métodos de síntese e purificação desses compostos. Além disso, serão discutidas as principais aplicações dos LIs, tanto na área química quanto na área medicinal, ambiental e de materiais.

A dissolução da celulose em líquidos iônicos será explorada em detalhes, com ênfase nos mecanismos envolvidos e nas propriedades das fibras celulósicas regeneradas. Serão apresentados estudos recentes que investigam diferentes LIs e suas capacidades de dissolver a celulose, bem como os efeitos do processo de regeneração nas propriedades químicas, mecânicas e superficiais dessas fibras.

Em suma, este estudo pretende oferecer uma visão abrangente das propriedades dos líquidos iônicos e seu potencial na dissolução e regeneração da celulose. Espera-se que essa revisão contribua para o avanço do conhecimento nessa área e estimule pesquisas futuras que explorem ainda mais as aplicações desses compostos em processos sustentáveis de produção de materiais celulósicos.

2. FIBRAS DE CELULÓSICA REGENERADA

As fibras de celulose regeneradas são aplicadas principalmente no setor têxtil de vestuário, na confecção de vestidos, blusas, calças dentre outras peças (ELSAYED *et al.*, 2020). Wu *et al.* (2019) desenvolveram um têxtil inteligente com a funcionalidade de resfriamento pessoal, a partir de fibras de celulose regeneradas contendo nanotubos de nitreto de boro (BNNS), conferindo um efeito de frescor superiores têxteis de algodão comerciais. Além disso, os filmes de celulose regenerada é um

promissor material para embalagens de alimentos. As propriedades deste material podem ser moldadas para atender diferentes requisitos, como embalagens biodegradáveis, ativas ou inteligentes mantendo os alimentos seguros e até aumentando sua durabilidade (HUANG; WANG, 2022).

O processamento químico da celulose é bastante complicado, devido à complexidade da rede biopolimérica, da estrutura semicristalina e das interações não covalentes entre as moléculas. Sendo assim, a celulose não é fundível e nem solúvel em água ou em uma grande variedade de compostos orgânicos (SINGH *et al.*, 2015). Os métodos de obtenção de celulose regenerada a partir de celulose natural pode se dar pela dissolução por meio de sistemas derivativos ou não derivativos (JIANG *et al.*, 2020).

No processo de derivatização, a celulose é modificada antes da dissolução, formando um composto intermediário. O processo de viscose é o mais utilizado nessa derivatização, enquanto o acetato de celulose também é obtido através desse processo. O processo de viscose foi patenteado em 1892 e envolve várias etapas com soda cáustica (NaOH) e dissulfeto de carbono (CS₂). A fabricação da viscose começa com a extração da celulose de matérias-primas naturais, como a madeira. Em seguida, a celulose passa por tratamentos químicos com soda cáustica, transformando-a em celulose alcalina. Posteriormente, ocorre a xantatização da celulose alcalina com dissulfeto de carbono, formando o xantato de celulose de sódio. Esse xantato é dissolvido em uma solução alcalina, dando origem à viscose, uma substância viscosa. Os fios de celulose regenerada são produzidos pela fiação da viscose. Para torná-los insolúveis, os fios são coagulados em uma solução ácida. Por fim, os fios são esticados e processados para a produção final de produtos têxteis. Em geral, o processo de produção da viscose é relativamente longo e pode levar desde algumas horas até vários dias para ser concluído. As etapas de tratamento químico e a coagulação são especialmente críticas em termos de tempo e exigem controle rigoroso para garantir a qualidade dos produtos finais. Estas etapas resultam na geração de resíduos químicos tóxicos e alta demanda de energia e mão de obra. Além disso, esse processo apresenta riscos de acidentes de trabalho e poluição ambiental (CHEN, 2015; SAYYED; DESHMUKH; PINJARI, 2019; WOODINGS, 2001).

Por outro lado, no processo direto, a celulose é dissolvida diretamente no solvente, sem modificação prévia. Os processos de dissolução direta incluem cupramônio, cloreto de lítio / N,N-dimetilacetamida (LiCl/DMAc) e liocel. O processo de viscose é o dominante na produção de fibras de celulose regenerada, enquanto os processos de liocel e cupro são limitados devido ao custo. O processo liocel, utilizando N-óxido de N-metilmorfolina (NMMO) como solvente, foi desenvolvido como uma

alternativa mais ambientalmente correta. No entanto, também apresenta desvantagens, como reações secundárias oxidativas, instabilidade térmica e alta temperatura de dissolução (MEKSI; MOUSSA, 2017; MENDES; PRATES; EVTUGUIN, 2021).

Embora os processos apresentados apresentem uma metodologia já consolidada, ambos apresentam desvantagens durante o procedimento. Deste modo, o líquido iônico tem sido proposto como promissor solvente de dissolução da celulose, sendo este solvente associado ao movimento da química verde.

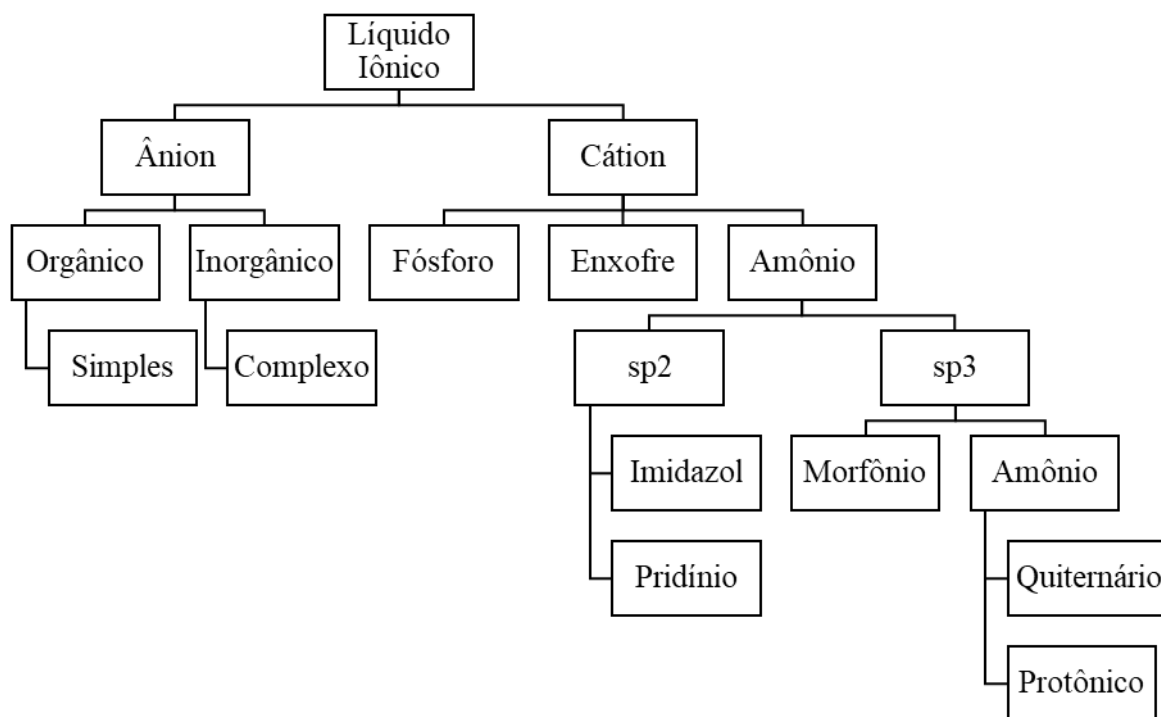
3. LÍQUIDOS IÔNICOS

O termo líquido iônico (LI) surgiu em 1914, pela descoberta do pesquisador Paul Walden, o qual descreveu os líquidos iônicos como sais com um ponto de fusão abaixo de 100 °C (PLECHKOVA; SEDDON, 2008). A partir desta definição, os líquidos iônicos foram definidos de diversas maneiras pelos pesquisadores, como por exemplo, que os líquidos iônicos consistem em íons orgânicos e/ou inorgânicos, podendo ser formado por diferentes cátions ou ânion (SHAMSHINA; ZAVGORODNYA; ROGERS, 2019).

Os líquidos iônicos são solventes de propriedades únicas, como baixa pressão de vapor, estrutura ajustável, pois é possível selecionar os cátions e ânions adequados para cada aplicação; apresentam alta estabilidade térmica e química, não são inflamáveis e voláteis e podem ser recicláveis, tornando-os assim, solventes verdes (GHANDI, 2014; OZOKWELU *et al.*, 2017). Os cátions mais utilizados são os imidazólios, piridínio ou lidínio, sendo cátions orgânicos. Já os ânions inorgânicos populares compreendem haletos, alquilsulfatos, alquilsulfonatos e em destaque, bis (trifluorometil-sulfonil) imida (SCHRODER, 2016).

Devido à grande variedade de possíveis compostos de LIs, classificar esta classe de material é importante. Os LIs podem ser classificados em várias categorias em diferentes bases. Segundo alguns autores os LIs são classificados em neutros, ácidos, básicos, funcionalizados, próticos, apróticos, quirais, suportados, bio-iônicos, de sais metálicos, polimerizados e energéticos (HAJIPOUR; RAFIEE, 2015; NEGI; PANDEY, 2015; OZOKWELU *et al.*, 2017).

Outro método comum de classificação de LIs é quanto ao tipo de cátion ou ânion utilizado (Figura 1). Em relação ao cátion pode-se distinguir pelos derivados de fósforo, amônio e enxofre. Já em relação ao ânion a classificação é subdividida em orgânica e inorgânica (BUSZEWSKA-FORAJTA; MARKUSZEWSKI; KALISZAN, 2018).

Figura 1 Classificação dos líquidos iônicos.

Fonte: Adaptado de Buszewska-Forajta, Markuszewski e Kaliszan, 2018.

É possível dividir os LIs em três gerações, que são dependentes da estrutura química e propriedade. A primeira geração é sensível à umidade e água e apresenta aplicação limitada. A segunda geração não é sensível à água e ar, e possui várias aplicações, como na eletroquímica. E na terceira geração, são empregados íons biodegradáveis e naturais ou com atividades biológicas conhecidas, sendo utilizados na área química, biológica e ecológica (EGOROVA; GORDEEV; ANANIKOV, 2017).

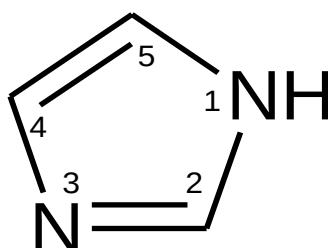
Os líquidos iônicos podem ser obtidos por meio de diversos precursores de cátions/ânions, sendo sintetizados principalmente pela reação de quaternização. No entanto, existem outras técnicas como troca aniônica ou metátese e métodos de neutralização ácido-base (SHAMSHINA; ZAVGORODNYA; ROGERS, 2019). Dependendo do método de síntese utilizados, os LIs podem apresentar impurezas, como aminas terciárias, halídios alquil ou sulfatos alquil. É possível realizar a purificação dos LIs por meio de extração com solvente polares (acetato de etila), extração da solução aquosa de LI com solvente orgânico imiscível (diclorometano), cromatografia de coluna *flash* em solvente orgânico ou tratamento com carvão ativado (PINKERT *et al.*, 2009).

Apesar de haver inúmeras combinações possíveis de cátions e ânions disponíveis para síntese dos LIs, os que possuem o imidazol como base têm sido amplamente relatados e investigados (GREEN; LONG, 2009). Os LIs à base de imidazol são compostos heteroátomos ricos em nitrogênio e propriedades

como baixo ponto de fusão, alta estabilidade química e alto desempenho de ionização (NOORHISHAM *et al.*, 2021). Os LIs imidazólicos apresentam elevada estabilidade térmica, sendo que certos cátions de imidazol e ânions nucleofílicos fracos são estáveis a 250 °C. Esta estabilidade está atribuída à natureza aromática do anel, assim como a ligação intermolecular de hidrogênio (PAL; MUKHERJEE; GHOSH, 2021).

De acordo com a Figura 2, o anel de imidazol fornece uma grande variedade para LIs, devido ao fato de o anel aceitar e doar prótons durante as reações de substituições, permitindo reações no átomo de nitrogênio com posição 3 no anel. O outro nitrogênio na posição 1 do anel, pode sofrer diversas reações diferentes, assim como o íon contador pode ser trocado facilmente (DWORAK *et al.*, 2015).

Figura 2 Anel de imidazol com posição numerada



Fonte: Autora, 2023.

Os LIs a base de imidazol oferecem muitas aplicações, como potenciais agentes de tratamento de água, solventes orgânicos verdes, assim como solventes para dissolução de biopolímeros e biomassa s naturais. Podem ainda ser utilizados em processos de catálise adsorção e em sensores (GREEN; LONG, 2009; NOORHISHAM *et al.*, 2021; PAL; MUKHERJEE; GHOSH, 2021).

2.1 APLICAÇÕES DE LÍQUIDOS IÔNICOS

Nas últimas duas décadas, houve um aumento acentuado no número de estudos voltados aos líquidos iônicos, podendo esta alta popularidade estar relacionada com as propriedades únicas dos LIs (MARCINKOWSKA *et al.*, 2019). Os LIs possuem uma ampla aplicação como solventes ou co-catalisadores em diversas reações, incluindo catálise orgânica, síntese inorgânica, biocatálise, polimerização e purificação de gases (ZHAOH, 2006). Há uma tendência no aumento do uso de LIs na síntese de biodiesel a partir de óleos vegetais e gorduras animais e biocombustíveis, sendo estes empregados como catalisadores, solventes ou para otimizar o processo de produção. O pré-

tratamento da matéria de lignocelulósica ou a dissolução da celulose também é um dos segmentos em destaque (KHRAISHEH *et al.*, 2021).

Além das aplicações na área química, os LIs apresentam aplicação na área medicinal, podendo ser utilizados como matéria-prima de fármacos ativos ou como aditivos para biomateriais (SHAMSHINA; ZAVGORODNYA; ROGERS, 2019). Ademais, há um uso crescente de LIs no processamento industrial, por exemplo nos processos de separação, extração ou purificação e isolamento de diferentes produtos (NASIRPOUR; MOHAMMADPOURFARD; ZEINALI HERIS, 2020).

Uma aplicação adicional dos LIs é em sensores químicos ou fases estacionais de colunas de cromatografia gasosa. Os LIs foram relatados com sucesso na condução de sensores poliméricos, sensores amperométricos, sensores ópticos e em colunas capilares como fase estacionária polar (WASILEWSKI; GĘBICKI; KAMYSZ, 2017).

Embora os LIs sejam relatados em diversas aplicações, como pode ser observado no Quadro 1, há muitas questões sobre algumas de suas propriedades que retardam o desenvolvimento em escala industrial. As principais limitações dos LIs estão relacionadas ao custo, que é elevado em comparação aos solventes orgânicos comuns, e à alta viscosidade, que é comparável à de óleos. Quanto à toxicidade e biodegradabilidade, não existe muitos relatos sobre esta limitação e sua relação com meio ambiente. Por fim, o estudo de LIs ainda requer muitos dados científicos quanto às suas propriedades e aplicações específicas, quando comparados com solventes orgânicos comuns (MEKSI; MOUSSA, 2017).

Quadro 1 Aplicações de LIs em campos industriais.

Área	Subárea
Biológico	Biocida/ Pesticida, entrega de drogas, dissolução de biomassa
Aditivos de Desempenho	Plastificante, agentes dispersantes, lubrificantes, solubilizante
Solventes	Catálise/ síntese, química de microondas, extração, separação/purificação
Físico-química	Transferência de calor, solventes binários e terciários, termodinâmica
Farmacêutica	Agente anticâncer, antivírus, terapêutico
Química Analítica	Eluente, fases estacionárias (CG e HPLC), matriz para espectrometria de massa, solventes de espaço CG
Eletroquímica	Eletro-óptica, painéis solares, propulsor de íon, chapeamento de metal, eletrólito
Materiais	Gel/ polímero, cristal líquido, líquido hipergólico, supramolecular
Meio Ambiente	Remoção de metal pesado, tratamento de água poluída
Química verde	Síntese orgânica, substituição de solventes orgânicos
Outros	Fluídos de imersão, termômetro, compressores

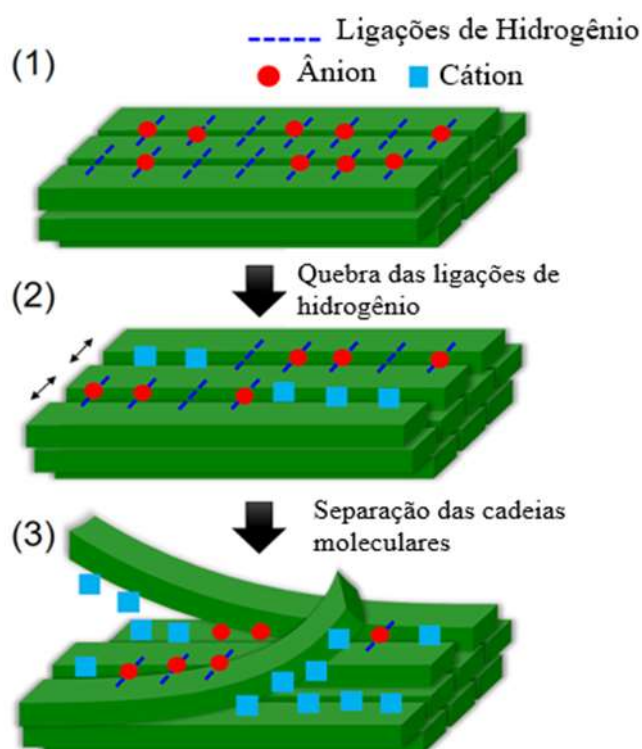
Fonte: Adaptado de CHO *et al.*, 2021.

4. DISSOLUÇÃO DA CELULOSE COM LÍQUIDOS IÔNICOS

O processo de dissolução de celulose em líquido iônico foi relatado pela primeira vez em 2002 (HERMANUTZ *et al.*, 2019a). O mecanismo de dissolução de celulose em líquidos iônicos é semelhante ao liocel com NMMO, ou seja se dá pelo método não derivativo (SHUHUA *et al.*, 2018). A celulose dissolvida em líquido iônico pode ser processada por fiação a úmido ou por fiação a úmido com jato seco, permitindo alterações das propriedades da fibra de acordo com a necessidade desejada. Essas propriedades também são influenciadas pela cristalinidade, grau de polimerização e a estabilidade das ligações de hidrogênio (HERMANUTZ *et al.*, 2019a).

Os LIs têm atraído crescentemente o interesse da comunidade científica, para serem utilizados como solventes na extração e dissolução da celulose e outros componentes orgânicos da biomassa lignocelulósica, pois apresenta uma percepção de “solvente verde” e baixas temperaturas de trabalho (RIELAND; LOVE, 2020). Diversos LIs já foram avaliados e relatados na literatura demonstrando eficiência para dissolver a celulose, como por exemplo, LIs a base de imidazol com fortes ânions de ligação de hidrogênio são capazes de dissolver a celulose sob aquecimento (DISSANAYAKE *et al.*, 2018). No entanto, este processo pode ser melhorado pelo aquecimento em forno de micro-ondas ou ultrassônico, acelerando a extração da celulose (LAN *et al.*, 2011; SWATLOSKI *et al.*, 2002).

Por meio da abordagem de simulação de dinâmica molecular para estudar a dissolução de estruturas de rompimento da celulose nos líquidos iônicos, realizadas pelos pesquisadores Rabideau; Agarwal; Ismail (2013) e Uto; Yamamoto; Kadokawa (2018), demonstrou-se que há rompimento das ligações de hidrogênios intra e intermoleculares utilizando LI com alto poder de dissolução, como Cloreto de 1-alil-3-metilimidazólio ([AMIM]Cl) e Cloreto de 1-etil-3-metilimidazólio ([EMIM]Cl). Durante a dissolução, os ânions penetram entre os espaços das cadeias moleculares e induzem a quebra das ligações de hidrogênio, formando pares carregados negativamente. Os cátions subsequentemente se orientam entre as cadeias moleculares, devido ao tamanho volumoso dos cátions e estes afastam os pares negativamente carregados, ocorrendo a dispersão das cadeias moleculares e o rompimento dos cristais. Estas simulações sugerem que o ânion e cátion do LI contribuem no processo de rompimento das ligações de hidrogênio. Sendo a capacidade do cátion em penetrar entre as cadeias moleculares essencial na capacidade do LI dissolver a celulose, explicando por que os cátions aromáticos são os mais eficazes. As etapas do processo de dissolução são apresentadas na Figura 3.

Figura 3 Dissolução de modelos de celulose cristalina em [AMIM]Cl e [EMIM]Cl.

Fonte: Adaptado de Uto; Yamamoto; Kadokawa, 2018 (Copyright © 2017 American Chemical Society).

Estudos relatam que as fibras produzidas a partir da celulose da polpa de eucalipto e de linter de algodão dissolvidas em solvente iônico, apresentam resistência a tração semelhante ao sistema NMMO, mas alongamento inferior. As propriedades das fibras demonstraram boa resistência e retenção de alongamento quando molhado. E morfológicamente a seção transversal circular das fibras produzidas utilizando LI, é semelhante aos processos de liocel e viscose (REDDY; YANG, 2015).

Pang e colaboradores (2015) obtiveram filmes de celulose regenerada a partir de diferentes fontes de celulose (algodão, bambu, microcristalina e pinus) empregando o líquido iônico acetato de 1-etil-3-metilimidazólio [EMIM]Ac como solvente. Após o processo de dissolução e regeneração, foi demonstrada a transição da celulose I para II. O filme preparado com algodão apresentou uma morfologia mais homogênea e suave em comparação com as demais amostras, além de maior estabilidade térmica.

Andanson *et al.* (2014) relataram que o LI acetato de 1-butil-3-metilimidazólio pode dissolver até 25% (massa/volume) de celulose microcristalina a temperaturas abaixo de 100 °C. Para melhorar a dissolução, foi adicionado o cossolvente sulfóxido de dimetila (DMSO), observando um aumento na

dissolução, diminuindo o tempo de processo, mesmo em baixas temperaturas. Portanto, o uso do DMSO melhorou a capacidade de solvatação desse líquido iônico, pois este facilita o transporte de massa pela diminuição da viscosidade dos solventes sem afetar as interações específicas entre cátions e ânions ou entre o líquido iônico e a celulose.

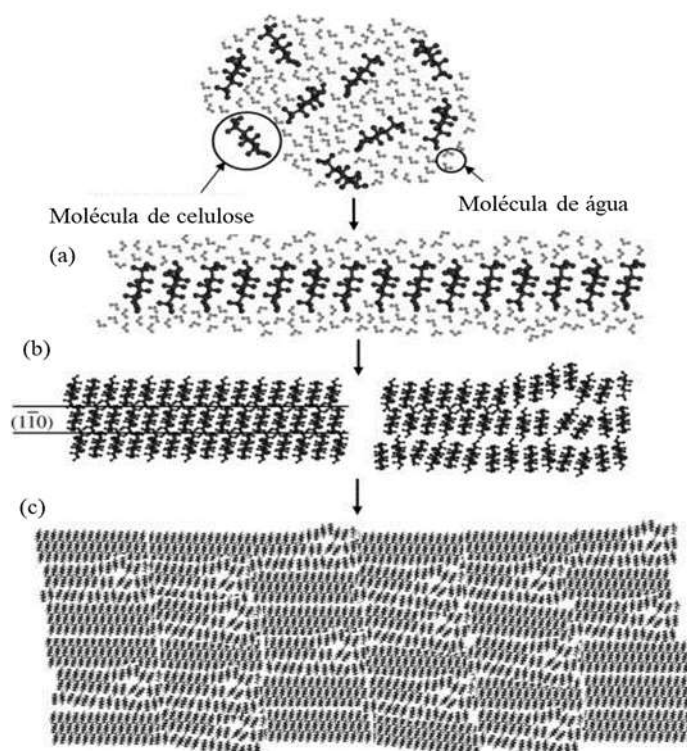
De Silva e Byrne (2017) utilizaram resíduos de algodão em pluma como possível matéria-prima para a produção de celulose regenerada, realizando a dissolução com o líquido iônico cloreto de 1-alil-3-metilimidazólio [AMIM]Cl. Foram observadas propriedades de resistência à tração maiores com o uso da fibra de algodão em comparação com a polpa de madeira, devido ao grau de polimerização do resíduo de algodão.

5. REGENERAÇÃO DA CELULOSE

A regeneração da celulose por coagulação com anti-solventes é um importante caminho para a industrialização de materiais celulósicos. Geralmente, a regeneração da celulose ocorre quando a solução de celulose entra em contato com um banho de coagulação (MEDRONHO; LINDMAN, 2015). A morfologia macroscópica da celulose regenerada irá depender de como a solução de celulose entra em contato com o anti-solvente (banho de coagulação). Deste modo, a mistura rápida da solução celulósica com uma corrente do antissolvente resulta na precipitação da celulose em formato de floco em pó. Para obter fibras finas e hastes, a solução de celulose passa por extrusão finalizando em uma solução anti-solvente. Se a solução for posta em uma placa de vidro, a celulose é regenerada em forma de filmes finos. Ainda é possível regenerar a celulose em aerogéis de celulose nanofibrilares, lavando com carvão líquido de dióxido de carbono (WANG; GURAU; ROGERS, 2012).

Independente do solvente utilizado para dissolver a celulose, a regeneração é baseada no mesmo conceito. A solução de celulose é precipitada com a adição em excesso de um solvente polar como água, etanol, acetona, diclorometano, acetonitrila ou mistura desses (PINKERT *et al.*, 2009). Ao adicionar o anti-solvente, acontece a troca de moléculas de solvente com moléculas não solvente, iniciando a reestruturação das ligações de hidrogênio intra e intermolecular na celulose. A regeneração sucede os mesmos passos da cristalização da celulose I, formando mini-folhas pelas forças van der Waals (a), associação dessas folhas por ligação de hidrogênio em mini-cristais (b) e convergência desses cristais para formar os arranjos cristalinos ou amorfos (c), como demonstrado na Figura 4 (EL SEOUD *et al.*, 2019; MEDRONHO; LINDMAN, 2015; MIYAMOTO *et al.*, 2009).

Figura 4 Mecanismo de formação de estruturas durante o processo de regeneração da celulose em solução aquosa



Fonte: Adaptado de Miyamoto *et al.*, 2009.

As propriedades químicas, mecânicas e superficiais da celulose regenerada dependem do tipo de solvente de dissolução e coagulante empregado. Nos sistemas de líquido iônico, a presença de água afeta as propriedades do solvente (MEDRONHO; LINDMAN, 2015). A água é o anti-solvente mais utilizado devido sua maior polaridade em comparação aos álcoois, possibilitando a formação de um maior número de ligações de H entre as cadeias de celulose. A sequência de regeneração de celulose no anti-solvente é de $H_2O > CH_2OH > CH_3CH_2OH$ (JU *et al.*, 2022).

O mecanismo sugerido para as interações entre água, LI e celulose é que, enquanto a água se difunde dentro da primeira camada de solvatação da celulose, o número de ligações de H entre moléculas de água e celulose aumenta e o número de ligações de H entre o ânion e celulose diminui. Com isto, a primeira camada é deslocada devido a rede de ligações formadas, levando à precipitação da celulose. Os cátions são mantidos na segunda camada de solvatação, devido à forte interações eletrostáticas com os ânions presentes. Neste mecanismo, a separação de fase da celulose em função da água é resultado da competição entre as interações água-ânion, celulose-ânion, celulose-água, celulose-cátion e ânion-cátion (MEDRONHO; LINDMAN, 2015). A remoção do LI da celulose regenerada ocorre

por meio de consecutivas lavagens com água, obtendo um teor de LI entre 0,1 – 1 %, permitindo assim a após a purificação a reutilização do LI (VAGT, 2010).

6. CONCLUSÃO

Em conclusão, os líquidos iônicos oferecem um potencial promissor na dissolução e regeneração da celulose, apresentando propriedades únicas e diversas aplicações. Esses compostos representam uma alternativa verde e de baixa temperatura para o processamento da celulose, abrindo caminho para o desenvolvimento de materiais celulósicos com propriedades ajustáveis. Com o avanço do conhecimento e a superação dos desafios, é esperado que os LIs desempenhem um papel importante em processos sustentáveis de produção de materiais celulósicos no futuro.

No entanto, alguns desafios ainda precisam ser superados para o uso em larga escala dos LIs na dissolução e regeneração da celulose. A questão do custo, viscosidade e biodegradabilidade desses compostos é um aspecto que requer atenção e investigação adicional. Além disso, são necessários mais estudos para aprofundar o conhecimento sobre as propriedades específicas dos LIs e suas aplicações em diferentes áreas.

REFERÊNCIAS

- ANDANSON, Jean Michel et al. Understanding the role of co-solvents in the dissolution of cellulose in ionic liquids. *Green Chemistry*, v. 16, n. 5, p. 2528–2538, 2014.
- BUSZEWSKA-FORAJTA, Magdalena; MARKUSZEWSKI, Michał J.; KALISZAN, Roman. Free silanols and ionic liquids as their suppressors in liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*, v. 1559, p. 17–43, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.chroma.2018.04.002>>.
- CHEN, J. Synthetic Textile Fibers. In: UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN (Org.). . Textiles and Fashion. Austin, TX, USA: Elsevier, 2015. p. 79–95.
- CHO, Chul Woong et al. Review of the toxic effects of ionic liquids. *Science of the Total Environment*, v. 786, p. 147309, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.147309>>.
- DE SILVA, Rasike; BYRNE, Nolene. Utilization of cotton waste for regenerated cellulose fibres: Influence of degree of polymerization on mechanical properties. *Carbohydrate Polymers*, v. 174, p. 89–94, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.06.042>>.
- DISSANAYAKE, Niwanthi et al. Substituent effects on cellulose dissolution in imidazolium-based ionic liquids. *Cellulose*, v. 25, n. 12, p. 6887–6900, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10570-018-2055-1>>.
- DWORAK, Claudia et al. Imidazole-based ionic liquids for free radical photopolymerization. *Designed Monomers and Polymers*, v. 18, n. 3, p. 262–270, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/15685551.2014.999466>>.
- EGOROVA, Ksenia S.; GORDEEV, Evgeniy G.; ANANIKOV, Valentine P. Biological Activity of Ionic Liquids and Their Application in Pharmaceuticals and Medicine. *Chemical Reviews*, v. 117, n. 10, p. 7132–7189, 2017.
- EL SEOUD, Omar A. et al. Cellulose in ionic liquids and alkaline solutions: Advances in the mechanisms of biopolymer dissolution and regeneration. *Polymers*, v. 11, n. 12, p. 1–28, 2019.
- ELSAIED, Sherif et al. Recycling of Superbase-Based Ionic Liquid Solvents for the Production of Textile-Grade Regenerated Cellulose Fibers in the Lyocell Process. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, v. 8, n. 37, p. 14217–14227, 21 set. 2020. Disponível em: <<https://pubs-acscs.org.ez46.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1021/acssuschemeng.0c05330>>. Acesso em: 4 dez. 2021.
- GHANDI, Khashayar. A Review of Ionic Liquids, Their Limits and Applications. *Green and Sustainable Chemistry*, v. 04, n. 01, p. 44–53, 2014.
- GREEN, Matthew D.; LONG, Timothy E. Designing imidazole-based ionic liquids and ionic liquid monomers for emerging technologies. *Polymer Reviews*, v. 49, n. 4, p. 291–314, 2009.
- HAJIPOUR, Abdol R.; RAFIEE, Fatemeh. Recent Progress in Ionic Liquids and their Applications in Organic Synthesis. *Organic Preparations and Procedures International*, v. 47, n. 4, p. 249–308, 2015.

HERMANUTZ, Frank et al. Processing of Cellulose Using Ionic Liquids. *Macromolecular Materials and Engineering*, v. 304, n. 2, p. 1–8, 2019a.

HERMANUTZ, Frank et al. Processing of Cellulose Using Ionic Liquids. *Macromolecular Materials and Engineering*, v. 304, n. 2, p. 1800450, fev. 2019b.

HUANG, Kehao; WANG, Yixiang. Recent applications of regenerated cellulose films and hydrogels in food packaging. *Current Opinion in Food Science*, v. 43, p. 7–17, 1 fev. 2022.

JIANG, Xiaoya et al. A review on raw materials, commercial production and properties of lyocell fiber. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, v. 5, n. 1, p. 16–25, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jobab.2020.03.002>>.

JU, Zhaoyang et al. Theoretical Mechanism on the Cellulose Regeneration from a Cellulose/EmimOAc Mixture in Anti-Solvents. *Materials*, v. 15, n. 3, p. 1–12, 2022.

KHRAISHEH, Majeda et al. Ionic liquids application for wastewater treatment and biofuel production: A mini review. *Journal of Molecular Liquids*, v. 337, p. 116421, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.116421>>.

LAN, Wu et al. Ultrasound-assisted dissolution of cellulose in ionic liquid. *Carbohydrate Polymers*, v. 86, n. 2, p. 672–677, 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.05.013>>.

LETHESH, Kallidanthiyil Chellappan et al. Highly efficient cellulose dissolution by alkaline ionic liquids. *Carbohydrate Polymers*, v. 229, n. November 2019, p. 115594, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115594>>.

MARCINKOWSKA, Renata et al. Application of ionic liquids in microextraction techniques: Current trends and future perspectives. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, v. 119, 2019.

MEDRONHO, Bruno; LINDMAN, Björn. Brief overview on cellulose dissolution/regeneration interactions and mechanisms. *Advances in Colloid and Interface Science*, v. 222, p. 502–508, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cis.2014.05.004>>.

MEKSI, Nizar; MOUSSA, Ali. A review of progress in the ecological application of ionic liquids in textile processes. *Journal of Cleaner Production*, v. 161, p. 105–126, 10 set. 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.066>>.

MENDES, Inês S.F.; PRATES, António; EVTUGUIN, Dmitry V. Production of rayon fibres from cellulosic pulps: State of the art and current developments. *Carbohydrate Polymers*, v. 273, n. July, 2021.

MIYAMOTO, Hitomi et al. Structural reorganization of molecular sheets derived from cellulose II by molecular dynamics simulations. *Carbohydrate Research*, v. 344, n. 9, p. 1085–1094, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.carres.2009.03.014>>.

MOHAMMAD FAUZI, Ahmad Hafidz; AMIN, Nor Aishah Saidina. An overview of ionic liquids as solvents in biodiesel synthesis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 16, n. 8, p. 5770–5786, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2012.06.022>>.

NASIRPOUR, Niloofar; MOHAMMADPOURFARD, Mousa; ZEINALI HERIS, Saeed. Ionic liquids: Promising compounds for sustainable chemical processes and applications. *Chemical Engineering Research and Design*, v. 160, n. 1, p. 264–300, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cherd.2020.06.006>>.

NEGI, Sangeeta; PANDEY, Ajay Kumar. Ionic Liquid Pretreatment. *Pretreatment of Biomass: Processes and Technologies*, p. 137–155, 2015.

NOORHISHAM, Nur Athirah et al. Characterisation techniques for analysis of imidazolium-based ionic liquids and application in polymer preparation: A review. *Journal of Molecular Liquids*, v. 326, p. 115340, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115340>>.

OZOKWELU, Dickson et al. Preparation and Characterization of Ionic Liquids. [S.l: s.n.], 2017.

PAL, S.; MUKHERJEE, A.; GHOSH, P. Imidazolium-based ionic liquid–assisted processing of natural biopolymers containing amine/amide functionalities for sustainable fiber production. *Materials Today Sustainability*, v. 14, p. 100082, out. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2021.100082>>.

PANG, Jinhui et al. Comparison of physical properties of regenerated cellulose films fabricated with different cellulose feedstocks in ionic liquid. *Carbohydrate Polymers*, v. 121, p. 71–78, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.11.067>>.

PINKERT, André et al. Ionic liquids and their interaction with cellulose. *Chemical Reviews*, v. 109, n. 12, p. 6712–6728, 2009.

PLECHKOVA, Natalia V.; SEDDON, Kenneth R. Applications of ionic liquids in the chemical industry. *Chemical Society Reviews*, v. 37, n. 1, p. 123–150, 2008.

RABIDEAU, Brooks D.; AGARWAL, Animesh; ISMAIL, Ahmed E. Observed mechanism for the breakup of small bundles of cellulose I α and I β in ionic liquids from molecular dynamics simulations. *Journal of Physical Chemistry B*, v. 117, n. 13, p. 3469–3479, 2013.

REDDY, Narendra; YANG, Yiqi. Introduction to Regenerated Cellulose Fibers. [S.l: s.n.], 2015.

RIELAND, Julie M.; LOVE, Brian J. Ionic liquids: A milestone on the pathway to greener recycling of cellulose from biomass. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 155, n. September 2019, p. 104678, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104678>>.

SAYYED, Anwar J.; DESHMUKH, Niteen A.; PINJARI, Dipak V. A critical review of manufacturing processes used in regenerated cellulosic fibres: viscose, cellulose acetate, cuprammonium, LiCl/DMAc, ionic liquids, and NMMO based lyocell. *Cellulose*, v. 26, n. 5, p. 2913–2940, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10570-019-02318-y>>.

SCHROEDER, Christian. Chapter 1 General review of ionic liquids. *Analytical Applications of Ionic Liquids*, p. 1–13, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1142/9781786340726_0001>.

SHAMSHINA, Julia L.; ZAVGORODNYA, Oleksandra; ROGERS, Robin D. Ionic liquids. 3. ed. [S.l.]: Elsevier Inc., 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.13931-9>>.

SHUHUA, Wang et al. Recycling of Cotton Fibers Separated from the Waste Blend Fabric Recycling of Cotton Fibers Separated from the Waste Blend Fabric. *Journal of Natural Fibers*, v. 00, n. 00, p. 1–12, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/15440478.2018.1503130>>.

SINGH, Poonam et al. From Cellulose Dissolution and Regeneration to Added Value Applications — Synergism Between Molecular Understanding and Material Development. In: INTECHOPEN (Org.). . *Cellulose - Fundamental Aspects and Current Trends*. Londres, Reino Unido: InTech, 2015. p. 1–44. Disponível em: <<http://www.intechopen.com/books/cellulose-fundamental-aspects-and-current-trends/from-cellulose-dissolution-and-regeneration-to-added-value-applications-synergism-between-molecular->>.

SWATLOSKI, Richard P. et al. Dissolution of cellose with ionic liquids. *Journal of the American Chemical Society*, v. 124, n. 18, p. 4974–4975, 2002.

UTO, Takuya; YAMAMOTO, Kazuya; KADOKAWA, Jun Ichi. Cellulose Crystal Dissolution in Imidazolium-Based Ionic Liquids: A Theoretical Study. *Journal of Physical Chemistry B*, v. 122, n. 1, p. 258–266, 2018.

VAGT, Uwe. Cellulose Dissolution and Processing with Ionic Liquids. *Handbook of Green Chemistry*, v. 6, p. 123–136, 2010.

VERMA, Chandrabhan et al. Dissolution of cellulose in ionic liquids and their mixed cosolvents: A review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, v. 13, n. April, p. 100162, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scp.2019.100162>>.

WANG, Hui; GURAU, Gabriela; ROGERS, Robin D. Ionic liquid processing of cellulose. *Chemical Society Reviews*, v. 41, n. 4, p. 1519–1537, 2012.

WASILEWSKI, Tomasz; GĘBICKI, Jacek; KAMYSZ, Wojciech. Prospects of ionic liquids application in electronic and bioelectronic nose instruments. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, v. 93, p. 23–36, 2017.

WOODINGS, C. *Regenerated Cellulose Fibres*. 1. ed. [S.l: s.n.], 2001.

WU, Kai et al. Green Production of Regenerated Cellulose/Boron Nitride Nanosheet Textiles for Static and Dynamic Personal Cooling. *ACS Applied Materials and Interfaces*, v. 11, n. 43, p. 40685–40693, 30 out. 2019. Disponível em: <<https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acsami.9b15612>>. Acesso em: 4 dez. 2021.

Capítulo 5



10.37423/230708003

PROPRIEDADES DAS FIBRAS REGENERADAS DE CELULOSE

Aline Ferreira Knihs

Universidade Federal de Santa Catarina



Resumo: A indústria têxtil busca por tecnologias sustentáveis que atendam às necessidades dos consumidores. A fibra de viscose, embora valorizada no mercado, não é sustentável devido ao uso de compostos tóxicos. A dissolução direta da celulose em solventes recicláveis surge como uma alternativa para substituir o processo de viscose e obtenção de fibras com propriedades interessantes para a produção de artigos têxteis. Este estudo descreve os processos de produção de viscose, liocel/NMMO e liocel/líquidos iônicos, bem como as diferenças nas propriedades das fibras. O objetivo deste estudo é apresentar alternativas mais sustentáveis na produção de fibras têxteis, considerando a busca por uma indústria ecologicamente responsável.

Palavras-chave: processo de viscose, processo liocel, processo líquidos iônicos.

1. INTRODUÇÃO

As fibras ou filamentos têxteis são o menor componente de natureza pilosa que pode ser extraído ou separado de um material têxtil. Fibras possuem comprimento limitado, enquanto os filamentos possuem comprimento ilimitado, sendo que esse último pode ser convertido em fibras (por meio de corte) de acordo com as características desejáveis para as propriedades e usos nos processos têxteis. Podem ser naturais ou manufaturadas e que, para serem utilizadas na produção de tecidos e estruturas têxteis por meio de diversos processos são primeiramente transformadas em fios e. Para que as fibras sejam fiáveis, é necessário que atendam a requisitos como comprimento mínimo de 5 mm, flexibilidade, coesão e resistência. Além disso, propriedades como elasticidade, finura, uniformidade, durabilidade e brilho também são requisitos importantes para o desempenho do fio (QIN, 2016).

A disponibilidade de uma ampla variedade de fibras oferece características estruturais distintas aos produtos têxteis, resultando em diferentes propriedades físicas e químicas que contribuem para o desempenho final dos produtos (ELMOGAHZY, Y. E., 2020). A qualidade e as propriedades das fibras têxteis dependem de sua composição química e do processo de formação/produção, que podem envolver modificações voluntárias ou involuntárias, bem como tratamentos específicos de acabamento. Portanto, as fibras são caracterizadas por suas propriedades físicas, mecânicas, químicas e biológicas (CHERIF, 2016).

As fibras têxteis podem ser classificadas em diferentes categorias. A Lei de Identificação de Produtos de Fibras Têxteis, estabelecida em 1960, divide as fibras principalmente em naturais ou manufaturadas (KARMAKAR, 1999). As fibras naturais podem ser de origem celulósica, como algodão, linho e juta, ou de origem proteica, como lã e seda. Já as fibras manufaturadas são divididas em duas categorias: fibras sintéticas e fibras regeneradas. As fibras sintéticas são produzidas a partir de matérias-primas petroquímicas e incluem poliéster, poliamida e acrílico. As fibras regeneradas são obtidas quimicamente a partir da dissolução de matérias-primas vegetais e animais e incluem a viscose, liocel, acetato de celulose, e fibras de leite, por exemplo (ELMOGAHZY, Y. E., 2020).

As fibras celulósicas desempenham um papel importante como matéria-prima na indústria têxtil. A celulose é o biopolímero natural mais abundante da Terra, sendo um recurso renovável e biodegradável (DISSANAYAKE *et al.*, 2018). A estrutura da celulose consiste em moléculas de β -glicose unidas por ligações β -1,4-glicosídicas, formando uma estrutura linear, não ramificada e semi-cristalina. O grau de polimerização da celulose varia de acordo com o número de unidades de glicose repetidas

em uma cadeia de celulose, podendo variar até cerca de mais de 10.000 para celulose bacteriana (ACHARYA; HU; ABIDI, 2021; PINKERT *et al.*, 2009).

As fibras de algodão representam a forma mais pura de obtenção de celulose vegetal (CIECHAŃSKA; WESOŁOWSKA; WAWRO, 2009). A composição química das fibras de algodão é composta principalmente por celulose (88,0-96,5%), além de outros componentes não celulósicos, como proteínas (1,0-1,9%), ceras (0,4-1,2%), pectinas (0,4-1,2%), inorgânicos (0,7-1,6%) e outras substâncias (0,5-8,0%). Os compostos não celulósicos estão localizados nas camadas externas das fibras (cutícula e parede celular primária), enquanto a celulose está concentrada nas camadas internas (parede celular secundária) (S. GORDON; Y. L. HSIEH, 2007). Os compostos considerados impurezas são removidos durante o beneficiamento primário do algodão (KARAPINAR; SARIISIK, 2004). Pelas propriedades morfológicas do algodão, é considerado uma fonte interessante para produção de fibras celulósicas regeneradas (SHABBIR; MOHAMMAD, 2017);

A fibra de celulose regenerada é um tipo de fibra manufaturada ou artificial que utiliza celulose como matéria-prima (CHEN, 2015). As principais fontes para a obtenção de fibras de celulose regenerada são os linters de algodão e as polpas celulósicas de lenhosas de alto grau de polimerização, também conhecidas como polpas solúveis. As propriedades das fontes celulósicas utilizadas têm influência direta na qualidade das fibras de celulose regenerada (MENDES; PRATES; EVTUGUIN, 2021).

A fibra de celulose regenerada apresenta uma aparência lisa e brilhante, semelhante à seda, embora seja quimicamente diferente, e também exibe uma excelente capacidade de absorção de água, proporcionando o conforto das fibras naturais (SAYYED; DESHMUKH; PINJARI, 2019). Os tecidos produzidos com fibras de celulose regenerada são macios e altamente maleáveis, tornando-os amplamente utilizados na fabricação de roupas (CHEN, 2015).

O processamento químico da celulose é complexo devido à estrutura morfológica biopolimérica, à estrutura cristalina parcial e às interações não covalentes entre as moléculas. A celulose não é solúvel em água nem em uma ampla variedade de compostos orgânicos, o que torna seu processamento desafiador (SINGH *et al.*, 2015). A celulose natural pode ser dissolvida por meio de processos de dissolução derivativos ou não derivativos (JIANG, X. *et al.*, 2020).

No processo derivativo, a celulose é modificada antes da dissolução, formando um novo intermediário. Isso significa que ocorrem modificações químicas na celulose antes de ela ser dissolvida para formar as fibras regeneradas.(SAYYED; DESHMUKH; PINJARI, 2019). No caso do processo de viscose, que utiliza soda cáustica (NaOH) e dissulfeto de carbono (CS₂), a celulose é modificada quimicamente para

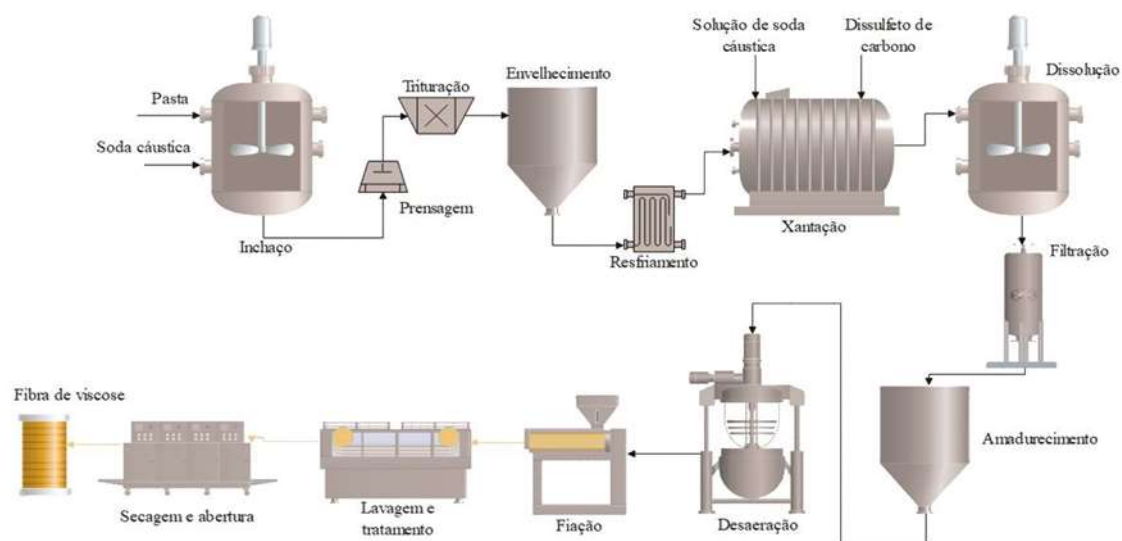
formar xantato de celulose de sódio antes de ser dissolvida como viscose. O processo de viscose é o sistema de derivatização mais comumente utilizado (SINGH *et al.*, 2015). Além do processo de viscose, o acetato de celulose também é uma fibra de celulose regenerada obtida por meio de um processo derivado (CHEN, 2015).

Por outro lado, em processos não derivativos, a celulose é dissolvida diretamente no solvente, sem modificações para regenerar as fibras (SAYYED; DESHMUKH; PINJARI, 2019). Esses processos são mais simples, pois não exigem etapas adicionais de derivatização da celulose. As modificações ocorrem principalmente na estrutura molecular da celulose, como na cristalinidade, orientação do cristal e tamanho do cristalito (CHEN, 2015). Os processos de dissolução direta incluem cupramônio (cupro), cloreto de lítio / N,N-dimetilacetamida (LiCl/DMAc) e o processo de liocel / N-óxido de N-metilmorfolina (NMMO) ou liocel / líquido iônico (JIANG, X. *et al.*, 2020).

O processo de viscose é o processo dominante na produção de fibras de celulose regeneradas, seguido do liocel e cupro (ZHANG, S. *et al.*, 2018). Como relatado, existem diversos processos de produção de fibra de celulose regeneradas e, neste artigo de revisão, serão destacados os processos de viscose e liocel (NMMO e líquido iônico).

A tecnologia de viscose foi originalmente patenteada em 1892 pelos químicos britânicos Charles Croos, Edward Bevan e Clayton Beadle. O método de fiação a partir da fibra de viscose foi comercializado com sucesso em 1904, sendo patenteado por Samuel Courtauld & Co. Ltd, na Inglaterra (CHEN, 2015). O processo de viscose envolve várias etapas, sendo as duas principais realizadas com soda cáustica, cuja mistura com a polpa celulósica produz celulose alcalina e com dissulfeto de carbono. A celulose alcalina obtida é tratada com dissulfeto de carbono (CS_2). O dissulfeto de carbono reage com a celulose alcalina para formar uma substância chamada xantato de celulose de sódio. O xantato de celulose de sódio é solubilizado em uma solução alcalina para formar uma substância viscosa conhecida como viscose. A seguir, ocorre a fiação da viscose para obter fios de celulose regenerada, coagulação dos fios em uma solução ácida, estiramento dos fios e processamento final. (CHEN, 2015). Um esquema do processo de viscose é demonstrado na.

Figura 1. Esquema do processo de produção de fibras de viscose

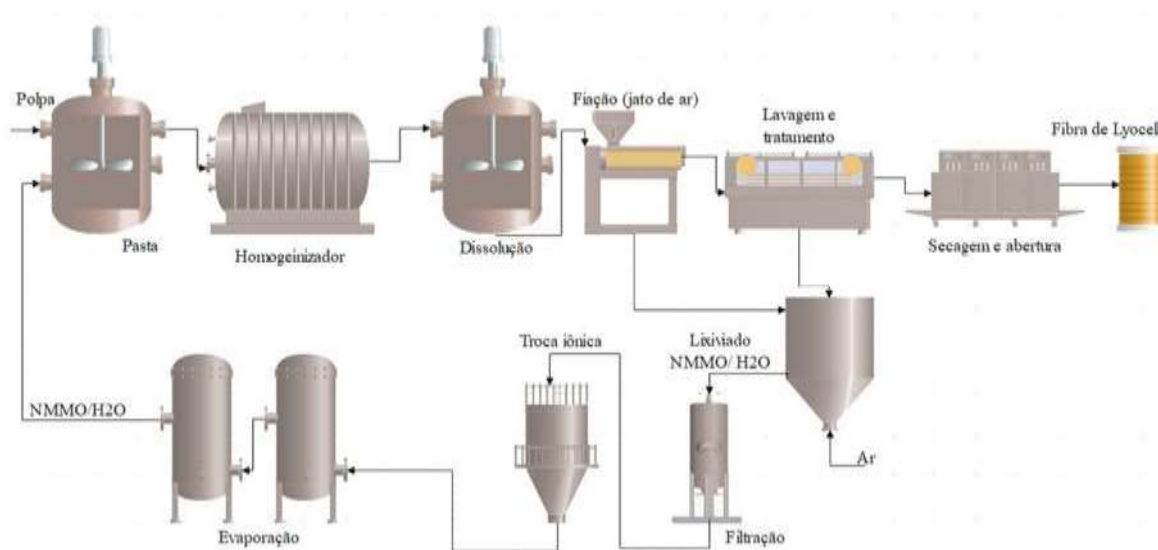


O processamento da viscose produz resíduos químicos tóxicos durante a produção, causando poluição ambiental. Um dos maiores problemas é a utilização de dissulfeto de carbono (CS_2), em função da poluição da água e do ar com compostos de enxofre, além dos riscos de incêndio e explosão (CIECHAŃSKA; WESOŁOWSKA; WAWRO, 2009). Este processo também consome muita energia e alta demanda de mão de obra (SAYYED; DESHMUKH; PINJARI, 2019). Além disso, com o uso dessa tecnologia há riscos de acidente de trabalho quando os trabalhadores são expostos a produtos tóxicos, em decorrência de possíveis explosões e vazamentos (ALEXANDRA FREITAS; AND RUTH MATHEWS, 2017).

A demanda por um processo ambientalmente correto para a produção de fibras de celulose regeneradas levou ao desenvolvimento da tecnologia liocel em 1939, com a primeira patente publicada por Charles Graenacher (MENDES; PRATES; EVTUGUIN, 2021; RANA *et al.*, 2014). No processo de liocel, o NMMO (N-metilmorfolina-N-óxido) é utilizado como solvente para a dissolução da celulose, sendo um processo de dissolução direta. O solvente NMMO não é tóxico e os efluentes produzidos não são perigosos (MENDES; PRATES; EVTUGUIN, 2021). O processo de fabricação da fibra é demonstrado na

Figura 2.

Figura 2. Processo de liocel baseado em NMMO



O processo de liocel ocorre por meio da dissolução direta, sem a formação de derivados intermediários de celulose. O solvente NMMO pode ser recuperado e reciclado, reduzindo o impacto com a geração de efluentes (MENDES; PRATES; EVTUGUIN, 2021). No entanto, o processo liocel utilizando NMMO também apresenta desvantagens, como a ocorrência de reações secundárias oxidativas, formando produtos secundários, afetando as propriedades da fibra e exigindo grande quantidade de estabilizadores (MEKSI; MOUSSA, 2017; MICHUD; HUMMEL; SIXTA, 2015). Além das reações secundárias, o processo apresenta instabilidade térmica e necessita de altas temperaturas para o processo de dissolução (SAYYED; DESHMUKH; PINJARI, 2019).

O processo de dissolução de celulose em líquido iônico é um método de dissolução direta relativamente recente, sendo relatado pela primeira vez em 2002 (HERMANUTZ *et al.*, 2019). Os líquidos iônicos apresentam perspectivas ecológicas e industriais muito promissoras, devido à sua propriedade de dissolução e capacidade de fiação de fibras de celulose regeneradas (SAYYED; DESHMUKH; PINJARI, 2019). Os líquidos iônicos consistem em cátions e ânions, que se diferem no tamanho da molécula e possuem flexibilidade estrutural, podendo selecionar os íons de cátions e

ânions conforme a necessidade de aplicação (MOHD *et al.*, 2017). Deste modo, alguns solventes de líquidos iônicos apresentam melhor solubilidade, como os líquidos iônicos à base de imidazol (SHUHUA *et al.*, 2020). O mecanismo de dissolução de celulose em líquidos iônicos é semelhante ao NMMO e o processo de produção por fiação a seco/úmido é análogo ao ilustrado na Figura 2 .

A celulose dissolvida em líquido iônico pode ser processada por fiação a úmido (*wet spinning*) ou por fiação a úmido com jato seco (*dry jet wet spinning*), permitindo alterações das propriedades da fibra de acordo com a necessidade desejada. Essas propriedades também são influenciadas pela cristalinidade, grau de polimerização e a estabilidade das ligações de hidrogênio (HERMANUTZ *et al.*, 2019).

Os solventes utilizados na dissolução da celulose devem ser capazes de satisfazer os domínios hidrofílico e hidrofóbico da celulose. Nos líquidos iônicos, os ânions desempenham a função fundamental na dissolução da celulose e essa capacidade de dissolução aumenta com o aumento da capacidade de aceitar ligações de hidrogênio (VERMA *et al.*, 2019). O desempenho do cátion é incerto, alguns estudos relatam que os cátions podem fornecer interações de van der Waals, outros que os cátions formam ligações de hidrogênio fracas, além de poderem formar ligações covalentes com a extremidade redutora da celulose (ALEXANDRIDIS *et al.*, 2018; MOHD *et al.*, 2017).

A celulose é regenerada a partir da solução de líquido iônico quando adicionado solventes próticos (anti-solvente), por exemplo água, etanol, acetona, gerando um grande volume de solução de líquido iônico. Diante disto, a reciclagem deste solvente orgânico deve ser considerada, pois, o descarte da solução pode causar problemas ambientais, devido à lenta degradação e toxicidade. Além disso, o líquido iônico pode ser reutilizado em novos ciclos de dissolução (TRINH *et al.*, 2013).

No entanto, foi observada a necessidade de aprofundar as investigações nessa temática, a fim de que o processo de utilização de líquidos iônicos na produção de fibras regeneradas seja otimizado e suas propriedades sustentáveis possam ser consideradas na aplicação industrial (MEKSI; MOUSSA, 2017; SAYYED; DESHMUKH; PINJARI, 2019).

Diante do exposto, este artigo tem como objetivo apresentar as propriedades das fibras de celulose regenerada obtidas através dos processos de viscose, liocel/ NMMO e liocel/ líquido iônico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

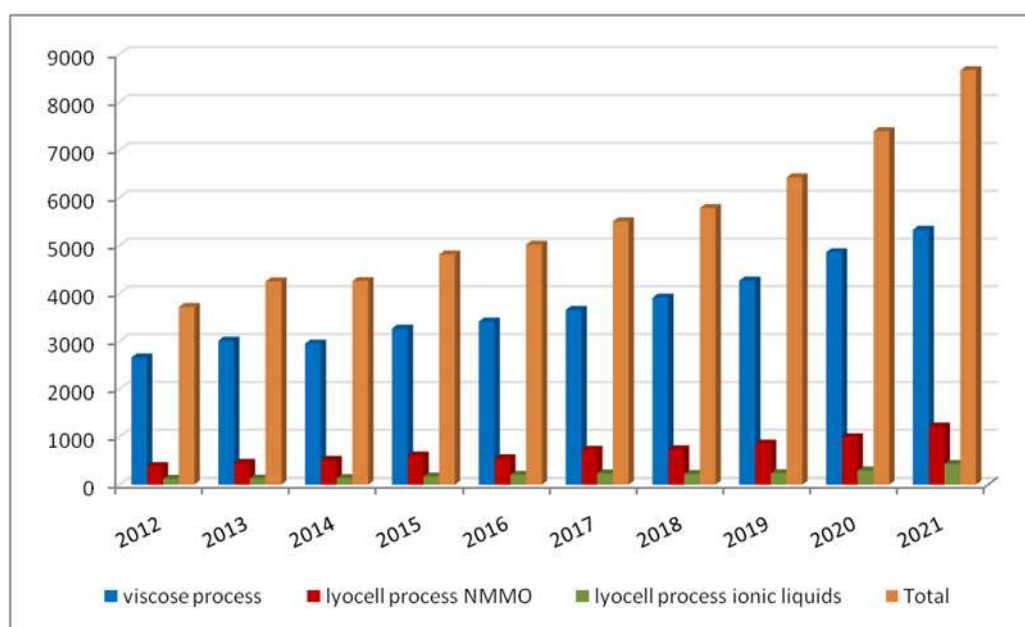
O trabalho de revisão de literatura foi desenvolvido a partir de artigos selecionados nas bases de dados Periódicos Capes, *Science Direct*, *Springer*, *Scopus* e *Google Scholar*. A pesquisa adotou o critério de

inclusão e exclusão de palavras-chave, tais como: *viscose process*, *lyocell process NMMO* e *lyocell process ionic liquids*, de artigos completos, revisados por pares e publicados em um período de dez anos, compreendido entre 2012 e 2021.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a comparação das propriedades foram selecionados 50 artigos dos 4.282 estudos que envolvem as propriedades de fibras regeneradas, obtidas por meio dos processos de viscose e liocel. Apresenta a evolução das investigações ao longo de 10 anos.

Figura 3. Número de publicações sobre as propriedades de fibras regeneradas obtidas pelo processo de viscose e liocel nos últimos 10 anos.



O número de estudos que envolve a palavra-chave “*lyocell process*” praticamente dobrou entre 2012 e 2021. Em análise da evolução das pesquisas é verificado um salto significativo para o termo “*viscose process*”, que passou de cerca de 2500 trabalhos em 2012 para mais de 5000 trabalhos em 2021. A inclusão do termo “*lyocell ionic liquids*” neste levantamento ressalta o menor número de estudos, no entanto, pode-se observar a evolução com o tempo. A análise deste aumento recente demonstra a atualidade do tema para expansão e aprofundamento das pesquisas. Os trabalhos levantados neste estudo de revisão discutem propriedades físicas e morfológicas das fibras regeneradas de celulose produzidas a partir de processos viscose e liocel.

Cristalinidade

A cristalinidade é uma das características que diferenciam as fibras regeneradas produzidas pelos processos de viscose, liocel à base de NMMO e liocel baseado em líquidos iônicos. Embora todas sejam originadas da celulose, diversos fatores ao longo da cadeia de produção resultam em diferenças nas propriedades mecânicas dessas fibras. A cristalinidade das fibras celulósicas varia de 20% a 60% (ASAADI *et al.*, 2018). A viscose, pertencente ao grupo da celulose tipo II, apresenta uma estrutura com baixa orientação e, conseqüentemente, menor valor de cristalinidade (MENDES; PRATES; EVTUGUIN, 2021). Já o processo de liocel, devido ao métodos de dissolução e extrusão utilizados, resulta em fibras com maior peso molecular e maior cristalinidade, conferindo maior resistência à tração e menor elasticidade (JIANG, G. *et al.*, 2018). Fatores como baixa degradação da fibra durante o processo de fabricação, uma boa área de contato entre as fibrilas e grandes cadeias de celulose formando ligações de hidrogênio intermoleculares também contribuem para a resistência à tração superior do liocel (JIANG, X. *et al.*, 2020).

O processo de fiação úmido por jato seco utilizado na fabricação da fibra de liocel favorece a cristalização das cadeias celulósicas, resultando em um maior valor de cristalinidade em comparação com a viscose (JIANG, G. *et al.*, 2018). Nesse método, o aumento da velocidade durante a extração da fibra leva a uma maior orientação e cristalinidade (ZHANG, S. *et al.*, 2018). As fibras produzidas pelos métodos convencionais de liocel e líquido iônico possuem maior orientação e grau de polimerização, resultando em uma maior regularidade tanto no comprimento quanto na seção transversal (JIANG, G. *et al.*, 2018).

Resistência à tração

A resistência mecânica do liocel é superior à da viscose devido a vários fatores. O liocel não apresenta degradação significativa da celulose durante o processo de fiação, devido às ligações de hidrogênio intermoleculares fortes e à cadeia de celulose longa. Além disso, o liocel possui alta cristalinidade, contato firme entre as moléculas de celulose e alta orientação nas regiões cristalinas e amorfas, o que contribui para sua resistência à tração (JIANG, X. *et al.*, 2020). A solução de fiação do liocel também possui um grau de polimerização mais alto do que a solução de viscose, o que contribui para a maior resistência mecânica do liocel (ZHANG, S. *et al.*, 2018).

Outro fator relevante pode ser destacado na tecnologia de fiação, tendo em vista a relação entre a fiação úmido com jato a seco para o processo de liocel e a fiação a úmido para o processo de viscose. Neste último, não há tempo suficiente para a orientação da *dope* devido à ausência do estiramento antes do banho de coagulação (ZHANG, S. *et al.*, 2018), o que pode resultar em uma estrutura de fibra

menos orientada e com menor resistência. Vale destacar também que a fibra de viscose perde cerca de metade de sua resistência à tração quando molhada (ZHANG, S. *et al.*, 2018).

Tenacidade

A tenacidade, que representa a capacidade de suportar uma carga de ruptura antes de se romper, é outro parâmetro importante para as fibras regeneradas. Estudos demonstram que a substituição de solventes derivatizantes por solventes mais sustentáveis no processo de dissolução da celulose tende a aumentar a resistência à ruptura das fibras regeneradas (BOTELHO, 2017; EL SEOUD *et al.*, 2020; JADHAV *et al.*, 2021; SAYYED; DESHMUKH; PINJARI, 2019; YUAN *et al.*, 2018).

As fibras de viscose, que passam por processos de mercerização, envelhecimento e xantação, apresentam menor tenacidade, variando na faixa de 22-26 cN/tex (EL SEOUD *et al.*, 2020). Em contraste, as fibras regeneradas produzidas pelo processo liocel convencional, com base em NMMO, apresentam uma tenacidade na faixa de 37,2-48,7 cN/tex (cN/tex) (BJÖRQUIST *et al.*, 2018). As fibras fiadas a partir do material celulósico produzido para esse estudo apresentaram características físicas excelentes, sobretudo a tenacidade. A resposta dessa propriedade sugere ainda que as fibras com alta resistência também são resistentes à umidade (ZHANG, H. *et al.*, 2021).

O processo do tipo liocel para a produção de fibras regeneradas baseado na dissolução direta da celulose em um líquido iônico demonstrou potencial capacidade de manter e melhorar a propriedade de resistência à ruptura. Nos ensaios de fiação da pesquisa de Elsayed *et al.* (2020) foram avaliadas as propriedades das fibras, dentre elas a tenacidade. Os resultados mostraram que as tenacidades das fibras regeneradas neste processo são equivalentes ou superiores às das fibras de liocel à base de NMMO, com valores que variam de 38,6-52,8 (cN/tex). A tenacidade da fibra tende a aumentar à medida que aumenta o seu contato com o líquido iônico no banho de coagulação, embora este resultado desfavoreça as características de alongamento. As alterações nas propriedades das fibras podem estar intrinsecamente relacionadas à cinética das etapas de coagulação e regeneração (GUIZANI *et al.*, 2021; NISHIYAMA *et al.*, 2019).

Alongamento

As fibras de celulose regeneradas fabricadas utilizando processos liocel e viscose apresentam diferenças em sua resposta estrutural à deformação por alongamento, devido ao fato que o alongamento está relacionado com a cristalinidade e orientação cristalina das fibras de celulose (SHARMA *et al.*, 2019). O aumento da cristalinidade resulta em maior tenacidade e menor

alongamento (MICHUD; HUMMEL; SIXTA, 2015). A fibra de liocel à base de NMMO apresenta menor alongamento devido à sua alta zona cristalina e estruturas uniformes, enquanto a fibra de viscose tende a ter boa elasticidade (CHEN, 2015; ZHANG, S. *et al.*, 2018). As fibras de liocel produzidas a partir de líquidos iônicos mostram variações compatíveis com as demais fibras.

Secção transversal das fibras

A morfologia da secção transversal das fibras também varia de acordo com o processo de regeneração. A fibra de viscose possui uma secção transversal semelhante a um círculo irregular com contorno serrilhado e superfície lisa, com um núcleo de alta cristalinidade cercado por uma camada de cristalinidade mais baixa. A secção transversal da viscose pode ser alterada modificando a concentração de H_2SO_4 no banho de fiação (MANIAN; PHAM; BECHTOLD, 2018; SHARMA *et al.*, 2019). Por outro lado, as fibras de liocel (NMMO e líquido iônico) possuem uma secção transversal circular e superfície longitudinal lisa e cilíndrica, proporcionando uma melhor sensação de caimento (CHEN, 2015). A morfologia da secção transversal é consequência do processo de regeneração.

Em resumo, as fibras regeneradas obtidas pelos processos de viscose, liocel à base de NMMO e liocel baseado em líquidos iônicos apresentam diferenças em suas características físicas e morfológicas, como cristalinidade, resistência à tração, tenacidade, alongamento e secção transversal. Cada processo possui vantagens e desvantagens, e a escolha do processo mais adequado depende das propriedades desejadas para a aplicação específica das fibras regeneradas. Apresenta as propriedades físicas relevantes para o desempenho mecânico dessas fibras.

Tabela 1. Propriedades de diferentes fibras regeneradas de celulose

Fibra	Tenacidade (cN/tex)	Alongamento (%)	Resistência à tração (cN/tex)	Densidade (g/cm ³)	Cristalinidade (%)	Referências
Viscose	¹ 22-26	² 17-25	³ 20-26	⁴ 1,52-1,54	⁵ 39	¹ El Seoud <i>et al.</i> (2020); ² Zhang, S. <i>et al.</i> (2018); ³ Hermanutz; Vocht; Buchmeiser, (2020); ⁴ Mendes; Prates; Evtuguin, (2021); ⁵ Jiang, X. <i>et al.</i> , (2020)
Liocel NMMO	⁶ 37,2-48,7	⁷ 10-17	⁸ 35-47	⁹ 1,50	¹⁰ 62	⁶ Björquist <i>et al.</i> (2018); ⁷ Mendes; Prates; Evtuguin, (2021); ⁸ Hermanutz; Vocht; Buchmeiser, (2020); ⁹ Mendes; Prates; Evtuguin, (2021); ¹⁰ Jiang, X. <i>et al.</i> , (2020)

Liocel LI	¹¹ 38,6-52,8	¹² 7,5-13,7	¹³ 12-35	¹⁴ 1,02-1,39	¹⁵ 41,98	¹¹ Elsayed <i>et al.</i> , (2020); ¹² Elsayed <i>et al.</i> , (2020); ¹³ Hermanutz; Vocht; Buchmeiser, (2020); ¹⁴ Lopes <i>et al.</i> , (2017); ¹⁵ Lee <i>et al.</i> , (2019)
-----------	-------------------------	------------------------	---------------------	-------------------------	---------------------	---

4. CONCLUSÃO

As fibras de celulose regenerada têm ganhado cada vez mais espaço em estudos como forma de obtenção de fibra que se assemelha em propriedades com aquelas apresentadas pelo algodão, considerado que o algodão se encontra em condições limites de produção para o atendimento das necessidades da indústria têxtil em termos de fibras celulósicas.

Apesar de se tratar de um processo não muito recente, as fibras de celulose regenerada estão passando por um constante desenvolvimento visando a otimização das tecnologias de produção de fibras têxteis, com foco na qualidade e sustentabilidade ambiental. Atualmente, a fibra de viscose é a mais amplamente comercializada devido ao seu baixo custo operacional e qualidade moderada. No entanto, ela está longe de ser considerada uma opção ambientalmente correta.

Por outro lado, a fibra de liocel, baseada no processo de dissolução direta utilizando NMMO, destaca-se como uma alternativa mais sustentável. Esse processo permite a reciclagem do solvente, contribuindo para a redução do impacto ambiental. Além disso, as propriedades da fibra de liocel/NMMO são superiores às da viscose, tornando-a adequada para diversas aplicações têxteis. Apesar das vantagens, a instabilidade durante o processo e o alto custo ainda são desafios que impedem sua ampla adoção em comparação o processo da viscose.

Um sistema promissor é o processo de dissolução direta de liocel utilizando líquidos iônicos. Essa tecnologia é limpa, sustentável e possui um grande potencial de avanço industrial. A utilização de líquidos iônicos na produção da fibra de liocel proporciona propriedades únicas, além de reduzir significativamente o consumo de água e a geração de efluentes. Espera-se que em breve essa nova tecnologia esteja disponível no mercado, oferecendo fibras de celulose regenerada de alta qualidade e ambientalmente aceitáveis.

Esses avanços na produção de fibras de celulose regenerada refletem um compromisso crescente com a sustentabilidade e a busca por alternativas mais eco-friendly na indústria têxtil. À medida que as tecnologias continuam evoluindo e se aprimorando, é esperado um futuro promissor para as fibras de

celulose regenerada, oferecendo uma combinação ideal entre qualidade, desempenho e responsabilidade ambiental.

REFERÊNCIAS

ACHARYA, Sanjit; HU, Yang; ABIDI, Nouredine. Cellulose dissolution in ionic liquid under mild conditions: Effect of hydrolysis and temperature. *Fibers*, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 1–14, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/fib9010005>

ALEXANDRA FREITAS; AND RUTH MATHEWS. Viscose fibres production: an assessment of sustainability issues. *Current History*, [s. l.], v. 116, n. 792, p. 288–288, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1525/curh.2017.116.792.288>

ALEXANDRIDIS, Paschalis et al. Solvent processing of cellulose for effective bioresource utilization. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, [s. l.], v. 14, p. 40–52, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.05.008>

ASAADI, Shirin et al. Structural analysis of Ioncell-F fibres from birch wood. *Carbohydrate Polymers*, [s. l.], v. 181, p. 893–901, 2018. Disponível em:

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.11.062>

BJÖRQUIST, Stina et al. Textile qualities of regenerated cellulose fibers from cotton waste pulp. *Textile Research Journal*, London, England, v. 88, n. 21, p. 2485–2492, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/0040517517723021>

BOTELHO, M H C. Resistência dos materiais: para entender e gostar. [S. l.]: BLUCHER, 2017.

CHEN, J. Synthetic Textile Fibers. In: UNIVERSITY OF TEXAS AT AUSTIN (org.). *Textiles and Fashion*. Austin, TX, USA: Elsevier, 2015. p. 79–95. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-931-4.00004-0>

CHERIF, Chokri. *Textile Materials for Lightweight Constructions*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-46341-3>

CIECHAŃSKA, D.; WESOŁOWSKA, E.; WAWRO, D. An introduction to cellulosic fibres. In: *HANDBOOK OF TEXTILE FIBRE STRUCTURE*. [S. l.]: Elsevier, 2009. v. 2, p. 3–61. Disponível em: <https://doi.org/10.1533/9781845697310.1.3>

DISSANAYAKE, Niwanthi et al. Substituent effects on cellulose dissolution in imidazolium-based ionic liquids. *Cellulose*, [s. l.], v. 25, n. 12, p. 6887–6900, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10570-018-2055-1>

EL SEOUD, Omar A et al. Cellulose Regeneration and Chemical Recycling: Closing the “Cellulose Gap” Using Environmentally Benign Solvents. *Macromolecular Materials and Engineering*, [s. l.], v. 305, n. 4, p. 1900832, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/mame.201900832>

ELMOGAHZY, Y. E. Fibers. In: ELMOGAHZY, Yehia E B T - *Engineering Textiles (Second Edition)* (org.). *Engineering Textiles*. [S. l.]: Woodhead Publishing, 2020. p. 191–222. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-102488-1.00008-3>

ELSAYED, Sherif et al. Recycling of Superbase-Based Ionic Liquid Solvents for the Production of Textile-Grade Regenerated Cellulose Fibers in the Lyocell Process. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, [s. l.], v. 8, n. 37, p. 14217–14227, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1021/ACSSUSCHEMENG.0C05330/SUPPL_FILE/SC0C05330_SI_001.PDF. Acesso em: 4 dez. 2021.

GUIZANI, C et al. Air gap spinning of a cellulose solution in [DBNH][OAc] ionic liquid with a novel vertically arranged spinning bath to simulate a closed loop operation in the Ioncell® process. *Journal of Applied Polymer Science*, Department of Bioproducts and Biosystems, Aalto University, Espoo, Finland, v. 138, n. 5, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/app.49787>

HERMANUTZ, Frank et al. Processing of Cellulose Using Ionic Liquids. *Macromolecular Materials and Engineering*, Weinheim, v. 304, n. 2, p. 1800450, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/mame.201800450>

JADHAV, Sachin et al. Modified Lyocell process to improve dissolution of cellulosic pulp and pulp blends in NMMO solvent. *Cellulose*, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 973–990, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10570-020-03580-1>

JIANG, Guansen et al. Structure and properties of regenerated cellulose fibers from different technology processes. *Carbohydrate Polymers*, [s. l.], v. 87, n. 3, p. 2012–2018, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.10.022>

JIANG, Xiaoya et al. A review on raw materials, commercial production and properties of lyocell fiber. *Journal of Bioresources and Bioproducts*, [s. l.], v. 5, n. 1, p. 16–25, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jobab.2020.03.002>

KARAPINAR, Emre; SARIISIK, Merih Ones. Scouring of cotton with cellulases, pectinases and proteases. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, [s. l.], v. 12, n. 3, p. 79–82, 2004.

KARMAKAR, S. R. Chapter 15 Application of biotechnology in the pre-treatment processes of textiles. In: ELSEVIER BV (org.). *Textile Science and Technology*. [S. l.: s. n.], 1999. p. 418–440. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0920-4083\(99\)80016-4](https://doi.org/10.1016/S0920-4083(99)80016-4)

MANIAN, Avinash P; PHAM, Tung; BECHTOLD, Thomas. 10 - Regenerated cellulosic fibers. In: BUNSELL, Anthony R B T - *Handbook of Properties of Textile and Technical Fibres (Second Edition)* (org.). *The Textile Institute Book Series*. [S. l.]: Woodhead Publishing, 2018. p. 329–343. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101272-7.00010-9>

MEKSI, Nizar; MOUSSA, Ali. A review of progress in the ecological application of ionic liquids in textile processes. *Journal of Cleaner Production*, [s. l.], v. 161, p. 105–126, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.066>

MENDES, Inês S.F.; PRATES, António; EVTUGUIN, Dmitry V. Production of rayon fibres from cellulosic pulps: State of the art and current developments. *Carbohydrate Polymers*, [s. l.], v. 273, p. 118466, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118466>

MICHUD, Anne; HUMMEL, Michael; SIXTA, Herbert. Influence of molar mass distribution on the final properties of fibers regenerated from cellulose dissolved in ionic liquid by dry-jet wet spinning. *Polymer*, [s. l.], v. 75, p. 1–9, 2015. Disponível em:

<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.polymer.2015.08.017>

MOHD, N. et al. Dissolution of cellulose in ionic liquid: A review. *AIP Conference Proceedings*, [s. l.], v. 1809, n. February 2017, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1063/1.4975450>

NISHIYAMA, Yoshiharu et al. Water-induced crystallization and nano-scale spinodal decomposition of cellulose in NMMO and ionic liquid dope. *Cellulose*, [s. l.], v. 26, n. 1, p. 281–289, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/S10570-018-2148-X/FULLTEXT.HTML>

PINKERT, André et al. Ionic liquids and their interaction with cellulose. *Chemical Reviews*, [s. l.], v. 109, n. 12, p. 6712–6728, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/cr9001947>

QIN, Yimin. A brief description of textile fibers. *Medical Textile Materials*, [s. l.], p. 23–42, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100618-4.00003-0>

RANA, Sohail et al. Regenerated Cellulosic Fibers and Their Implications on Sustainability BT - Roadmap to Sustainable Textiles and Clothing: Eco-friendly Raw Materials, Technologies, and Processing Methods. In: MUTHU, Subramanian Senthilkannan (org.). Singapore: Springer Singapore, 2014. p. 239–276. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-981-287-065-0_8

S. GORDON; Y. L. HSIEH. *Cotton: Science and technology*. Cambridge, England: Woodhead Publishing, 2007.

SAYYED, Anwar J.; DESHMUKH, Niteen A.; PINJARI, Dipak V. A critical review of manufacturing processes used in regenerated cellulosic fibres: viscose, cellulose acetate, cuprammonium, LiCl/DMAc, ionic liquids, and NMMO based lyocell. *Cellulose*, [s. l.], v. 26, n. 5, p. 2913–2940, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10570-019-02318-y>

SHABBIR, Mohd; MOHAMMAD, Faeer. Sustainable production of regenerated cellulosic fibres. [S. l.]: Elsevier Ltd, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102041-8.00007-X>

SHARMA, Aakash et al. Structure–property relations in regenerated cellulose fibers: comparison of fibers manufactured using viscose and lyocell processes. *Cellulose*, [s. l.], v. 26, n. 6, p. 3655–3669, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10570-019-02352-w>

SHUHUA, Wang et al. Recycling of cotton fibers separated from the waste blend fabric. *Journal of Natural Fibers*, [s. l.], v. 17, n. 4, p. 520–531, 2020.

SINGH, Poonam et al. From Cellulose Dissolution and Regeneration to Added Value Applications — Synergism Between Molecular Understanding and Material Development. In: INTECHOPEN (org.). *Cellulose - Fundamental Aspects and Current Trends*. Londres, Reino Unido: InTech, 2015. p. 1–44. Disponível em: <https://doi.org/10.5772/61402>

TRINH, Ly Thi Phi et al. Recovery of an ionic liquid [BMIM]Cl from a hydrolysate of lignocellulosic biomass using electrodialysis. *Separation and Purification Technology*, [s. l.], v. 120, p. 86–91, 2013. Disponível em: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.seppur.2013.09.025>

VERMA, Chandrabhan et al. Dissolution of cellulose in ionic liquids and their mixed cosolvents: A review. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, [s. l.], v. 13, n. April, p. 100162, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2019.100162>

YUAN, Wei et al. Cellulose acetate fibers with improved mechanical strength prepared with aqueous NMMO as solvent. *Cellulose*, [s. l.], v. 25, n. 11, p. 6395–6404, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10570-018-2032-8>

ZHANG, Huihui et al. Influence of cross-section shape on structure and properties of Lyocell fibers. *Cellulose*, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 1191–1201, 2021.

ZHANG, Shaokai et al. Regenerated cellulose by the lyocell process, a brief review of the process and properties. *BioResources*, [s. l.], v. 13, n. 2, p. 1–16, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.15376/biores.13.2.Zhang>

Capítulo 6



10.37423/230708005

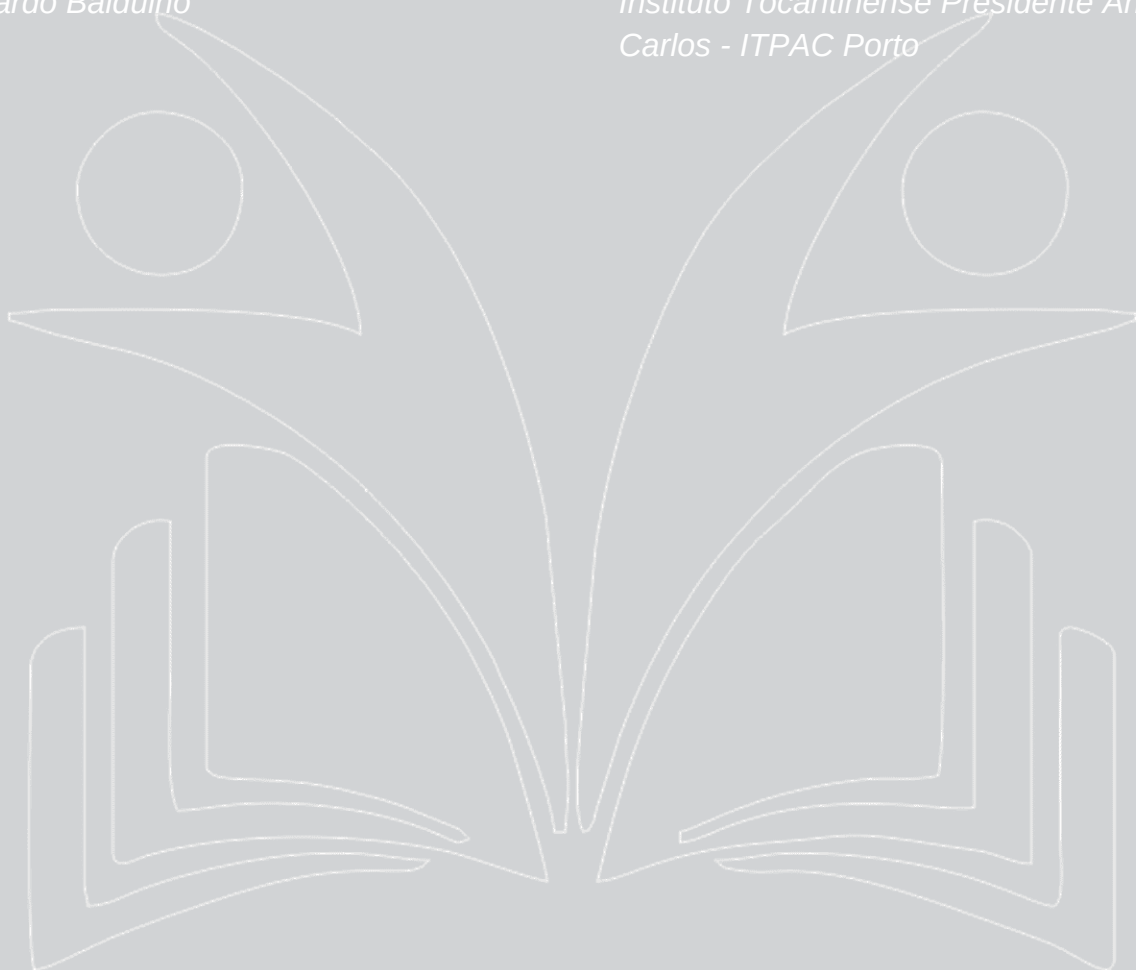
ESTUDO DE BALNEABILIDADE NA BACIA DO CÓRREGO FRANCISQUINHA, NO MUNICÍPIO DE PORTO NACIONAL - TO

Reginaldo Rodrigues Pereira

*Instituto Tocantinense Presidente Antônio
Carlos - ITPAC Porto*

Angelo Ricardo Balduino

*Instituto Tocantinense Presidente Antônio
Carlos - ITPAC Porto*



Resumo: Essa pesquisa tem com levantamento apresentar a balneabilidade do Córrego Francisquinha localizado no município de Porto Nacional – TO. Tendo como objetivo analisar a qualidade da água, para fins de balneabilidade. A metodologia utilizada para a realização desse trabalho foi APHA, onde foi realizado análises microbiológicas através dos indicadores do grupo dos coliformes totais e *Escherichia coli* (*E. coli*) definidos pela Resolução CONAMA nº 274/00. Após essa analisar a Resolução CONAMA 274/00, define que as águas doces, salobras e salinas terão os níveis de qualidade avaliados por parâmetros e indicadores específicos, de modo a assegurar as condições de balneabilidade. Destaque-se que dessa forma, os resultados obtidos a partir das análises microbiológicas das amostras de água coletadas no córrego Francisquinha confirmaram que as bactérias *E. coli* mantiveram-se presentes em todos os pontos de monitoramento, durante o período de estudo, mas ao comparar esses resultados das análises com os valores propostos pela Resolução nº 274/00 do CONAMA para balneabilidade foi possível classificar as águas quanta à balneabilidade, como águas próprias para utilização.

Palavras chaves: Ambientais, Qualidade, Córrego Francisquinha.

1 INTRODUÇÃO

O estudo de balneabilidade na bacia do córrego francisquinha, pode ser definido como uma bacia hidrográfica que tem de receber banhistas e usuários para as práticas de atividade recreacionais de lazer. O Córrego Francisquinha está o localizado no município de Porto Nacional -To, se encontra na região suburbana da cidade, ao lado do parque de exposições agropecuárias da cidade e parte de seu curso a presença de uma estação de tratamento de esgoto, que inclusive leva o mesmo nome do córrego.

Esse projeto foi uma pesquisa experimental com uma análise descritiva onde serão realizados levantamentos in loco, visando obter uma avaliação das condições de balneabilidade do córrego Francisquinha, sendo definidos os pontos de coleta e análise da água como estudo.

A importância de estudar esse tema é que ele tem grande relevância em nossa atualidade pelo fato ser um local recreativo e possui uma estação de esgoto, ao estudar iremos descobrir se esta abito a banhos e a utilização da água para outros fins. No entanto, embora esse tema seja muito relevante em nosso cenário atual conforme apresentado no estudo, até o momento foram encontrados poucos trabalhos que discutam esse assunto sob o ponto de vista teórico e contextual, compilando as informações mais importantes sobre ele. Com a finalidade de diminuir o impacto ambiental, promover o aumento da qualidade de vida da população e a prevenção de doenças, o saneamento básico é um direito assegurado pela Constituição e definido pela Lei nº. 11.445/2007.

No Brasil, a água é utilizada principalmente para irrigação de lavouras, abastecimento público, atividades industriais, geração de energia, extração mineral, aquicultura, navegação, turismo e lazer. Cada uso depende e pode afetar condições específicas de quantidade e de qualidade das águas.

O planeta Terra conta com um volume total de água de 1.386 milhões de km³. Deste volume total, 97% são distribuídos nos mares e oceanos e os 3% restantes correspondem às águas doces. Destas, 2,2% formam as calotas polares e geleiras, e os 0,8% restantes correspondem as águas subterrâneas e superficiais. Entretanto, apenas 3% desse valor apresenta-se superficialmente, de maior acessibilidade ao ser humano (SPERLING,2005).

De acordo com Hirata (2019), no território nacional do Brasil tem 12% do volume total de água doce do planeta e aproximadamente 53% das águas da América do Sul. Entretanto, o aumento excessivo do consumo nas mais diversas frentes e os maus cuidados com a qualidade da água resultam em sérios problemas de escassez em diversas regiões, tendo também uma má distribuição desse bem.

A adoção de medidas é necessária para que o uso racional e controlado da água seja da mesma proporção para que estas sejam conservadas, fazendo assim com que a quantidade de água disponível seja capaz de suprir as necessidades e demandas de quantidade e qualidade para todos os usuários (LOPES, 2007).

Os usos podem ser classificados em consuntivos (que retiram e consomem água, como o industrial) e não consuntivos (não consomem diretamente, mas dependem da manutenção de condições naturais ou de operação da infraestrutura hídrica, como o turismo e o lazer). Cerca de 93 trilhões de litros de água são retirados anualmente de fontes superficiais e subterrâneas para atender aos diversos usos consuntivos múltiplos e setoriais. A evaporação líquida, a irrigação, a termoeletricidade e algumas indústrias apresentam forte sazonalidade, ou seja, o consumo de água pode variar expressivamente dentre os meses de um mesmo ano ANA (2019).

Segundo a Resolução CONAMA n° 357, que diz respeito sobre a classificação dos corpos d'água e diretrizes ambientais para seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões para lançamento de efluentes e dá outras providências, é estabelecida a divisão de águas doces, salobras e salinas em 18 treze classes, de acordo com a qualidade requerida para seus usos preponderantes (LOPES,2007). As águas doces são divididas em cinco classes, sendo elas:

- Classe Especial: águas destinadas ao abastecimento para consumo humano, com desinfecção; à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas e à preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
- Classe 1: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
- Classe 2: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional; à proteção das comunidades aquáticas; à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000; à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e à aquicultura e à atividade de pesca.

➤ Classe 3: águas que podem ser destinadas ao abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado; à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; à pesca amadora; à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais.

➤ Classe 4: águas que podem ser destinadas à navegação e à harmonia paisagística. Sendo a bacia em estudo enquadrada na classe 2 que fala sobre recreação de contato primário.

Segundo a Resolução CONAMA nº 357,2005, deve-se considerar que, o enquadramento dos corpos d'água deve ser baseado nos níveis de qualidade que deveriam possuir para atender a demanda da comunidade e não no seu estado atual.

O controle de qualidade das águas é uma matéria que congrega o interesse de várias disciplinas do conhecimento humano. Na área biológica o estudo da diversidade da fauna e da flora que compõem os ecossistemas aquáticos, formou uma base científica para o estabelecimento do que se entende hoje por qualidade ambiental. Sem uma compreensão dos fenômenos naturais e de como a vida evolui e se organiza nesses ambientais, não seria possível o desenvolvimento de atitudes conservacionistas e, em casos mais extremos de degradação ambiental, de atitudes preservacionistas. Na área das Ciências Exatas, em especial nas Engenharias, desenvolveu-se uma enorme gama de conhecimento, técnicos e metodologias para o gerenciamento dos recursos hídricos. (AGUIAR, 2007)

A qualidade requerida está bem definida nas concentrações máximas permitidas para determinadas substâncias, conforme especificado nas Resoluções CONAMA 357/05, 396/08 e 430/2011, que dispõem sobre a classificação e diretrizes ambientais para o enquadramento das águas subterrâneas e superficiais e estabelecem as condições e padrões de lançamento de efluentes.

Os padrões de qualidade das águas estabelecem limites individuais para cada substância em cada classe devendo ser monitorados os parâmetros se houver suspeita da sua presença ou falta de conformidade (CONAMA nº 357,2005).

Lopes (2007) afirma que a avaliação da qualidade das águas de rios, lagos e mares para atividades que estão relacionadas ao contato primário com a água, melhor dizendo, balneabilidade, devem estar de acordo com os padrões expostos pela Resolução CONAMA nº 274, 2000, que diz respeito as condições de balneabilidade das águas doces que são avaliadas em categorias e definidas de acordo com os teores das bactérias, coliformes fecais (termotolerantes) ou *Escherichia coli*. Portanto, o presente trabalho, teve por objetivo analisar a qualidade da água para fins de balneabilidade, no município de Porto Nacional, estado do Tocantins.

2 MATERIAL E METODOS

A Bacia do Córrego Francisquinha está localizada no Estado do Tocantins. O município de Porto Nacional está situado no centro geográfico do Estado, na mesorregião oriental, possui altitude média de 212 metros acima do nível do mar, uma superfície de 4.449,9 Km² e tem como coordenadas 10°42'29" de latitude e 48°25'02" de longitude oeste.

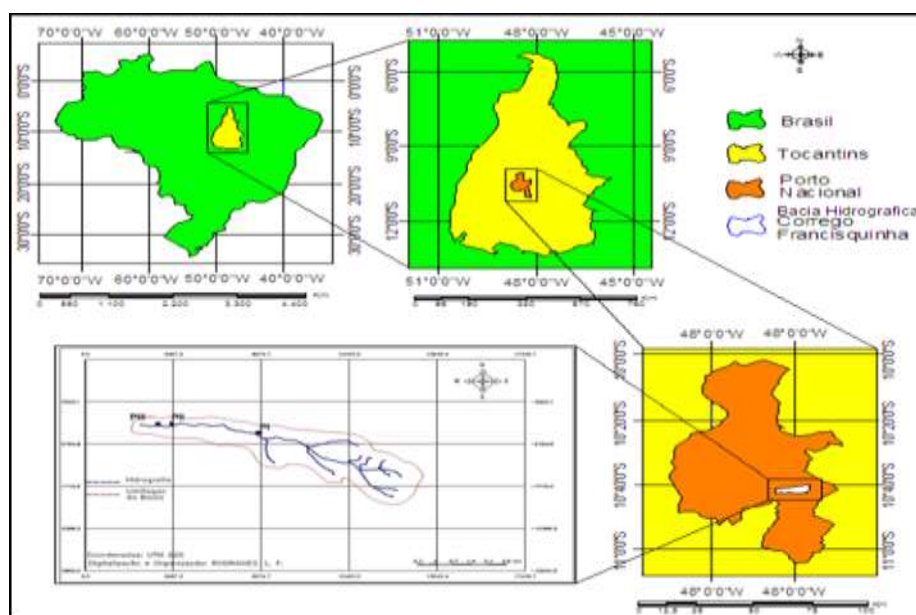


FIGURA - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Córrego Francisquinha.

Fonte: RODRIGUES (2015)

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados os seguintes procedimentos: coleta da amostra “in loco” e análise laboratorial.

3.1 COLETA DA AMOSTRA

Neste projeto, o monitoramento ocorreu entre o mês de fevereiro e março. Este ponto será marcado pelo Sistema de Posicionamento Global (GPS modelo de navegação GARMIN-60CSx)

As amostras foram coletadas no período entre fevereiro e março de 2023, após a seleção dos pontos principais, a água foi coletada a uma profundidade de 25 cm abaixo da superfície da lâmina d'água utilizando recipientes esterilizados e identificados, com capacidade para 100 ml, quantidade suficiente para a realização da análise. De acordo com o artigo 5º da cláusula única da Resolução Conama

274/2000, o local da coleta é escolhido de acordo com o local com maior concentração de pessoas banhando.

Após a coleta, os recipientes foram lacrados e armazenados em caixa isotérmica devidamente refrigerada e conduzidos ao Laboratório Físico-Químico do IFTO – Instituto Federal do Tocantins em Porto Nacional – TO., local onde foram feitas as análises para determinação da concentração total de coliformes totais e *E. coli*, seguindo o método descrito por APHA (2005). Além deste parâmetro, será executado outro parâmetro, que fará uma análise física e química do pH por meio de uma medição de pH de bancada.

3.2 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

Utilizando o método de Coli-2t, as águas provenientes do córrego Francisquinha foram submetidas à análise microbiológicas, sendo a análise realizada de acordo com o método descrito por Standard Methods (APHA, 2007). Este método é pautado no princípio da identificação das bactérias do grupo de coliformes totais e *E. coli* no tempo estimado de 24 horas.

Bastante utilizado nesse tipo de pesquisa o método Colilert consiste através do meio de cultura (enzima Colilert) já na quantidade certa para a análise de 100 ml de água; adicionar cada enzima a 100ml no frasco da amostra coletada e agitar até que os grânulos estejam completamente diluídos. Em seguida, a solução foi incubada em estufa de laboratório a 35°C por 24 horas.

Segundo Marquezi (2010), para determinar os resultados da análise, é compreensível que se o meio permanecer incolor, isso indica que não há coliformes totais e bactérias *Escherichia coli* na amostra. Se o meio for amarelo claro e fluorescente sob luz ultravioleta, isso indica que as bactérias do grupo dos coliformes totais estão presentes na amostra que está sendo analisada.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A qualidade microbiológica da água estudada foi monitorada durante os meses de fevereiro e abril de 2023, período chuvoso em que as chuvas estavam ocorrendo com muita frequência. Em decorrência do alto volume de chuva, a água apresentou uma coloração escura que vem dos sólidos carregados para o leito do rio. É importante observar que a cor escura da água não indica poluição, pois a mesma pode apresentar uma coloração transparente e ainda assim estar contaminada.

De acordo com Smith et al. (1995), os banhistas inferem que os parâmetros de transparência e cor para avaliar a qualidade da água sendo esse um fator de risco, pois este método de ponderação não consegue identificar microrganismos patogênicos em fontes de poluição fecal.

O artigo 2 da resolução 274 da CONAMA estipula corpos de água com balneabilidade própria para uso em 3 categorias: excelente, muito bom e satisfatório. Águas excelentes apresentam em uma série temporal de cinco semanas, 80% ou mais de vezes amostras em que a cada 100 mililitros de água coletada no mesmo local havia no máximo 250, 200 e 25 unidades de coliformes fecais, *Escherichia coli* e enterococos, respectivamente. O parâmetro biológico de escolha destes três grupos de microrganismos se baseia no fato de que eles estão diretamente associados a presença de efluentes com elevada carga de matéria orgânica, como fezes e esgoto.

Ainda de acordo com Pierrat (2016), além da contaminação fecal, outros critérios também são mencionados na resolução CONAMA como parte do conceito de qualidade das águas balneáveis que podem ser, por exemplo, a presença de algas, ocorrência de doenças não tão frequentes, rejeitos sólidos e líquidos, pH (baixo ou elevado) da água. Entretanto, estes não são termos de controle quantitativos sistemáticos. Isto revela a importância acordada pela contaminação por esgoto relatado por autoridades.

A verificação de critérios, de uso como os instrumentos de controle de qualidade e insumos para formulação de políticas de desenvolvimento são enquadradas na avaliação da qualidade das águas destinadas à recreação de contato primário, que é a balneabilidade (VALADÃO e ARAÚJO, 2012).

Barros; Marques e Moraes (2015), dizem que a Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000, do Conselho Nacional do Meio Ambiente- CONAMA, é a legislação que regulamenta a avaliação da qualidade sanitária das águas para balneabilidade, onde são medidas a quantidade de organismos indicadores presentes nos dejetos humanos, ou de animais de sangue quente. Depois de feito os ensaios, a água é classificada como própria ou imprópria para este fim.

De acordo com os critérios estabelecidos pela Resolução CONAMA nº247/2000 e em normativas definidas pela CETESB, as praias (naturais ou artificiais) são classificadas como próprias ou impróprias, para os fins recreativos de contato primário, levando em consideração a densidade de bactérias fecais que se fazem presentes na água (CONAMA 2000; CETESB 2018).

4.1 PARÂMETROS DE QUALIDADE DA ÁGUA

4.1.2 TEMPERATURA

Segundo ANA (2020), a temperatura é um dos parâmetros mais importantes, pois afeta diretamente os processos físicos e químicos realizados na fonte de água. Nesse ambiente, os organismos existentes mudam constantemente ao longo do dia e atingem os limites superior e inferior das mudanças de temperatura com as mudanças sazonais. A Tabela mostra uma demonstração da relação entre temperatura e vida aquática em alguns ambientes (ESTEVES, 1998).

Figura: Relação entre temperatura e vida aquática em lagos.

TEMPERATURE	LEVEL	AQUATIC LIFE
< 14°C	Low	Few plants, trout and few diseases.
From 15 a 20 °C	Medium	Some plants, water beetles and some diseases.
From 21 a 27 °C	High	Many plants, carp, catfish and many fish diseases.
> 27 °C	Very High	Temperature begins to reduce aquatic life.

Fonte: Esteves (1998).

Considerando o período chuvoso os valores da temperatura variaram pouco, entre fevereiro e março no ponto estudado, foi registrada uma temperatura média de 27,4 ° C.

4.1,2 POTENCIAL HIDROGENIÔNICO (PH)

Segundo Vieira (2015) além dos processos relacionados ao fornecimento e tratamento de águas residuais, o pH também pode afetar vários processos químicos e biológicos na água. Pode ser influenciado por diversos fatores, como sólidos e gases dissolvidos, dureza e alcalinidade, temperatura e fatores bióticos. O pH varia entre 0 e 14 (muito ácido a muito alcalino), pois este é um fator que interfere no metabolismo das espécies, o CONAMA estabeleceu por meio da resolução 274/00 onde os valores devem permanecer de 6 a 9 (ANA, 2020). Nos estudos foi obtido uma média de 6,21 estando dentro da faixa estipulada pela Resolução CONAMA 274/00.

Nesse período, o pH passou por oscilações, mas manteve-se dentro da faixa permitida pela Resolução CONAMA 274/00, que recomenda valores de pH em torno de 6,0 a 9,0 para os mananciais. O valor médio de indicado é levemente ácido.

4.1.3 TURBIDEZ

A turbidez é o parâmetro em que é analisada a capacidade da água de dispersar a radiação solar, sendo influenciada principalmente por sólidos em suspensão, que reduzem a fotossíntese da vegetação submersa. No geral, a turbidez vem da erosão de grandes quantidades de sólidos na área de drenagem do reservatório afluentes e toda a bacia hidrográfica (TAVARES, 2005). O presente estudo obteve uma turbidez média de 9,12 NTU um valor baixo, mas tendo em vista que se tratava de um período em que as chuvas estavam ocorrendo constantemente, essa média está dentro do valor esperado.

4.1.4 ESCHERICHIA COLI

Segundo BUSH (2022), muitas bactérias são identificadas no período das chuvas, essa alta concentração pode ser explicada pelo fato que quando a água da chuva escoar através do solo, ela carrega inúmeras impurezas para o leito do rio que se originam de resíduos sólidos da substância tóxica encontrada na superfície da terra e fezes de animais, comprometendo a qualidade das águas balneares.

Os resultados das análises microbiológicas do ponto escolhido, apresentou valores bastantes satisfatórios para a bactéria E. coli, com base nos critérios da resolução Conama 274/00, mostrou que a água atende aos critérios de adequação para uso em recreação de contato primário. Ao analisar as amostras de água do ponto escolhido, verificou-se que a densidade de E. coli apresentou uma média de 57,1 (NMP / 100ml) durante o período de fevereiro e março.

5 CONCLUSÃO

Os riscos para a saúde relacionados com a má qualidade da água das praias, normalmente dizem respeito às infecções adquiridas no contato da água com o indivíduo (banho). Uma série de poluentes entra nessas águas provenientes de várias fontes, sendo a zona costeira considerada como o “sumidouro” para os subprodutos das atividades humanas.

Geralmente, os corpos d’água que deságuam no rio são os principais responsáveis pela variação das condições de balneabilidade das praias, porque neles são lançados vários tipos de resíduos e efluentes, principalmente esgotos domésticos e industriais.

As zonas balneárias de água doce estão sujeitas às fontes poluidoras, embora a amplitude e o alcance desta poluição sejam mais fáceis de prever em água doce, por estar mais claramente delimitado (WHO,2000)

E os resultados da análise microbiológica da amostra de água coletada no córrego Francisquinha em Porto Nacional – TO., confirma a presença da bactéria E. coli em todos os pontos de monitoramento durante o estudo, mas ao comparar esses resultados das análises com os valores propostos pela Resolução nº 274/00 do CONAMA para balneabilidade (recreação de contato primário), foi possível classificar as águas quanta à balneabilidade, como águas próprias para utilização.

REFERÊNCIAS:

APHA – American Public Health Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. 21ª edição. Associação Americana de Saúde Pública. Washington: APHA, 2007.

ANA – Agência Nacional de Águas. Programa Nacional de Qualidade da Água (PNQA). Disponível em <http://pnga.ana.gov.br/estrutura/PNQA.aspx>- Recursos Hídricos. Brasília, p. 27-32. 2022

BORDALO, A. A. Microbiological water quality in urban coastal beaches: the influence of water dynamics and optimization of the sampling strategy. Water Research, v. 37, p.3233-3241, 2003.

BRASIL. LEI Nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm. Acesso em: 07 de outubro de 2018. BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 274 de 29 de novembro de 2000. Estabelece as condições de balneabilidade das águas brasileiras.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASILIA, 2005. Disponível em: www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf. Acesso em: 06 de outubro de 2018. BRASIL.INMETRO- Informação ao consumidor 2018. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/produtos/praias.as>

BARROS, Dayane Juliate; MARQUES, Anelise Kappes; MORAIS, Paula Benevides. Avaliação ambiental com base em indicador microbiológico de balneabilidade no município de Palmas-TO. JBFS e ISSN 2359-2710, Palmas, 23 de dez. 2015

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Governo do Estado de São Paulo. Secretaria do Meio Ambiente. 2018. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/blog/2018/04/11/cetesb-indica-melhora-da-qualidade-daspraias/>

ESTEVES, F. A. Fundamentos de Limnologia. 2ª ed. Rio de Janeiro: Inter ciência, 1998.

MARQUEZI, M. C. Comparação metodológica para a estimativa do número mais provável (NMP) de coliformes em amostras de água. 2010. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, 2010.

Bertolo, R; Hirata, R; Aly Jr, O. 2019. Método de valoração da água subterrânea impactada por atividades contaminantes no Estado de São Paulo. Revista Água Subterrânea, 33(3):303-313.

Larry M. Bush, MD, FACP, Charles E. Schmidt College of Medicine, Florida Atlantic University

LOPES, Frederico Wagner de Azevedo. Avaliação da qualidade das águas e condições de balneabilidade na bacia do ribeirão de Carrancas – MG. Minas Gerais Brasil, 2007.

SMITH, D. G. et. al. Human perception of water appearance1. Clarity and colour for bathing and aesthetics. Jornal da Marinha de Nova Zelândia. Wellington, v. 29. 1995.

TAVARES, Mauro Calixta. Gestão. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2005.

VALADÃO, C. E. A.; ARAÚJO, A. L. C. Avaliação da condição de balneabilidade das praias de Natal/RN no período de 2004-2009. HOLOS ISSN 1807-1600, NatalRN, ago. 2012. V. 4

Vieira. Tratamento de agua.com.br/artigo, qualidade-da-água. Publicado em 22/09/2015

VON SPERLING, Marcos. Estudos e Modelagem da Qualidade da Água de Rios. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Guidelines for safe recreational water environments – coastal and fresh waters. Genebra, 2000.

Capítulo 7



10.37423/230708007

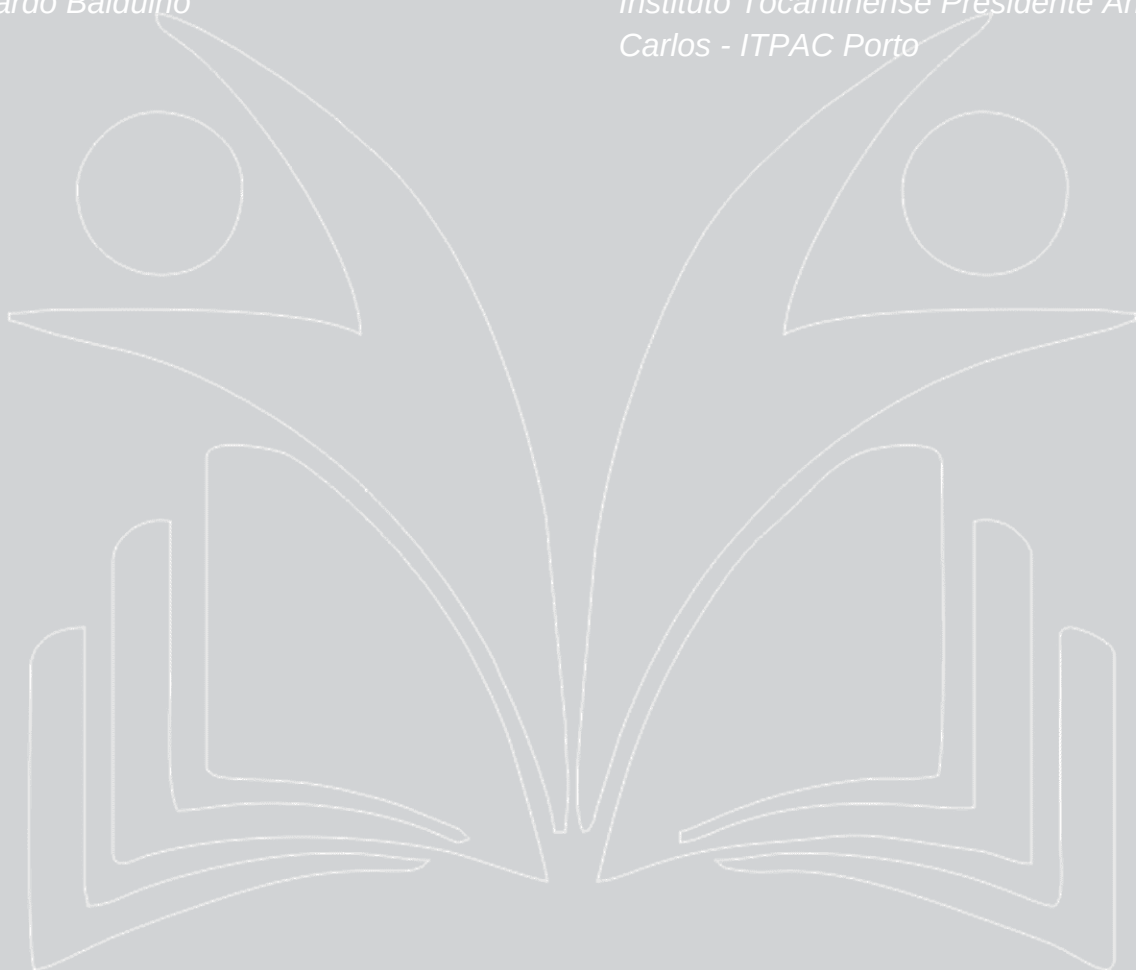
AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS PARA FINS DE BALNEABILIDADE DA PRAIA PORTO REAL - PORTO NACIONAL - TOCANTINS

Gabriel Cerqueira Barros

*Instituto Tocantinense Presidente Antonio
Carlos - ITPAC Porto*

Angelo Ricardo Balduino

*Instituto Tocantinense Presidente Antonio
Carlos - ITPAC Porto*



Resumo: As problemáticas ambientais configuram-se como um tópico sensível e recorrente no mundo, atualmente, uma vez que seus recursos estão, cada vez mais, sendo afetados pelo uso inconsequente, exagerado e sem precedentes pelos indivíduos. Nessa perspectiva, é imprescindível o destaque que a água receberá neste presente trabalho, haja vista a constante ameaça que esse bem vital vem sofrendo. Nesse ínterim, evidencia-se que este estudo foi realizado, mediante a coleta da amostra e análise microbiológica, com o fito de avaliar a balneabilidade da Praia Beira Rio para atividades recreativas, localizada na bacia hidrográfica do Rio Tocantins, em Porto Nacional – TO. Por meio de análises, foi avaliado o estado da água e verificado se atende à Resolução CONAMA nº 274/00, que estabelece os padrões mínimos de qualidade para o uso da água. Nessa perspectiva, conclui-se, com ênfase, que a mesma está apta ao seu uso recreativo de contato primário, que é determinada a partir da quantidade de bactérias do grupo coliforme presentes na água, sendo este entendido como um contato direto e prolongado com o recurso hídrico.

Palavras-chave: Atividades recreativas, Problemas ambientais, Qualidade das águas.

1. INTRODUÇÃO

A utilização das águas para a prática de atividades de lazer sempre esteve presente na cultura humana, principalmente nos países de clima favorável e com vasta riqueza de recursos hídricos, como o Brasil. Tais condições são propícias para a prática de atividades de recreação que envolvam o contato primário com as águas do mar, rios, cachoeiras, represas e lagoa (BERG; GUERCIO; ULBRICHT, 2013).

Dante da lógica supracitada, conforme o pensamento de Berg; Guercio; Ulbricht (2013), ressaltam que a balneabilidade é um instrumento de qualidade das águas utilizado principalmente para o lazer e entretenimento de contato primário, ou seja, quando ocorrer relação de contato direto com água por meio de práticas de esportes e até mesmo de ingestão de forma acidental.

Atualmente, no Brasil, a avaliação da qualidade das águas de rios, lagoas e marés para atividades que envolvam o contato primário com as águas, ou seja, a balneabilidade, deve atender aos parâmetros determinados pela Resolução CONAMA 274, de 29 de novembro de 2000.

De acordo com a resolução, as condições para o banho das águas doces são avaliadas em categorias, definidas de acordo com os níveis de coliformes fecais (termotolerantes) ou *Escherichia coli*. O conceito de balneabilidade refere-se à qualidade das águas que são destinadas a fins recreativos de contato primário (natação, esqui aquático, natação, etc), conforme a CETESB (2004).

Nessa conjuntura, sendo essa denominação entendida como um contato direto e de longa duração com a água, pode se inferir que a possibilidade de ingerir quantidades significativas de água é elevada (CETESB, 2004).

Dessa maneira, de acordo com Brasil (2018), é de extrema importância atentar-se aos parâmetros utilizados para medir o grau de balneabilidade da água, mediante o nível de presença de coliformes fecais no local, atribuindo, assim, a presença também de esgoto, lixo orgânico, resíduos agrícolas excreções humanas e de animais naquela água.

Em determinados casos, é possível citar as origens de contaminação presentes, colaborando com a degradação da água, tais como; despejos nas proximidades, água da chuva, as condições naturais da praia e utilização dos turistas durante a temporada de praia.

Outrossim, a balneabilidade é um recurso demasiadamente importante para que seja possível a avaliação e análise da qualidade da água que entrará em contato com as pessoas, não importa qual seja a região. Nessa perspectiva, a verificação é realizada tendo como base as amostras coletadas,

onde são submetidas a testes laboratoriais e, a partir dessa etapa, chegará a uma conclusão se a água se encaixa nos parâmetros necessários para ser utilizada para recreação.

A princípio, o parâmetro indicador básico para a classificação das praias, no que concerne à sua balneabilidade em termos sanitários, de acordo com a Resolução CONAMA nº 274, é a densidade de coliformes fecais, na qual diversos são os fatores que tendem a proporcionar a presença de esgotos, lixo orgânico e, até mesmo, resíduos agrícolas, resultantes da decomposição das plantas nas praias, a saber: despejos gerados nas proximidades, turismo durante as temporadas de praia, fisiografia da praia, ocorrência de chuvas, entre outros.

Tendo em vista pesquisas da CETESB (2004), os coliformes fecais referem-se às bactérias do trato intestinal, como *Escherichia Coli*, que é utilizada como indicador bacteriológico específico de fezes humanas e outros animais de sangue quente (HERMES & SILVA, 2004). Os valores desses indicadores são comparados aos padrões preestabelecidos na CONAMA 274/2000, a fim de que se possa concluir se a qualidade das águas está favorável ou não ao banho.

Deste modo, a Resolução nº 274 de 29 de novembro de 2000 define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras de maneira que possam garantir as condições de recreação de contato primário. Desse modo, de acordo com o CONAMA (2000), que define as condições da água como própria e imprópria, as categorias são subdivididas em excelente, muito boa, satisfatória e imprópria.

Nessa conjuntura, de acordo com a Resolução CONAMA nº 274 (2000), na categoria excelente, os coliformes fecais devem ter, no máximo, 250 coliformes fecais (termotolerantes) ou 200 *Escherichia coli* ou 25 enterococos por 100 mililitros nas amostras coletadas em cada uma das cinco semanas anteriores, isto é, devem corresponder a 80% por cento ou mais dos conjuntos.

Ademais, na categoria muito boa, os coliformes fecais devem corresponder, no máximo, a 500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 400 *Escherichia coli* ou 50 enterococos por 100 mililitros nas cinco amostras coletadas das cinco semanas que passaram, ou seja, devem constar uma porcentagem de 80% ou mais (HERMES; SILVA, 2014).

Além disso, na categoria satisfatória, as porcentagens correspondentes às amostras coletadas, nas cinco semanas anteriores, devem quantificar 80% ou mais, isto é, os coliformes fecais devem constar no máximo 1000 coliformes fecais (termotolerantes) ou 800 *Escherichia coli* ou 100 enterococos por 100 mililitros (CONAMA, 274/2000).

Por fim, para que a balneabilidade configure-se como imprópria, as amostras devem constar um valor superior a 2.500 coliformes fecais (termotolerantes) ou 2000 *Escherichia coli* ou 400 enterococos por 100 mililitros, deve haver recorrência de doenças hídricas; indicadas pelas autoridades sanitárias, existência constante de resíduos ou despejos sólidos ou líquidos, inclusive esgotos sanitários, óleos e outras substâncias propensas a oferecer potenciais riscos à saúde e, conseqüente, tornar inviável a recreação (CONAMA, 274/2000).

Ainda nessa perspectiva, o PH, para que a qualidade seja imprópria, deve ser menor que 6,0 ou maior 9,0 nas águas doces, bem como a existência de floração de algas ou outros organismos, até que se comprove que não oferecem riscos à saúde humana (LIRA et al., 2015).

Assim, é possível evidenciar a importância de realizar tais pesquisas, uma vez que os órgãos de controle ambiental, os quais são responsáveis pela divulgação das condições de balneabilidade das praias e dos balneários, bem como pela asseguuração da inspeção da aplicação e cumprimento desta resolução, passam a ter autonomia e controle sobre a poluição hídrica, a qual é responsável pelo surgimento recorrente de doenças gastrointestinais, a exemplo da cólera e gastroenterite (CONAMA, 2000).

Portanto, o presente trabalho teve por objetivo avaliar as condições da água da Praia Porto Real, situada na bacia hidrográfica do Rio Tocantins em Porto Nacional – TO, para fins de balneabilidade, de acordo com a Resolução CONAMA 274/2000.

Para Pinheiro (2015), diz que na maioria das águas naturais o pH é influenciado pela concentração de H^+ originado da dissociação do ácido carbônico, que gera valores baixos de pH, e das reações de íons carbonato e bicarbonato com a molécula de água, que elevam os valores de pH para a faixa alcalina.

Apesar de se inter-relacionarem, as variáveis físico-químicas podem ser influenciadas pelo meio externo, como é o caso da praia de Porto Real, que, em decorrência da presença de excretas de humanos e animais, lixo orgânico e resíduos agrícolas, apresentou uma queda em seu pH, devendo, assim, ficar em alerta para evitar potenciais riscos de um pH ácido.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ÁREA DE ESTUDO

O local escolhido para realização dessa pesquisa foi a Praia Porto Real, localizada às margens de Porto Nacional - TO, na bacia hidrográfica do Rio Tocantins.

A cidade de Porto Nacional está localizada na região central do Estado do Tocantins, a uma distância equivalente de 64 km da capital do Estado, Palmas, com uma extensão em área de 4.434,680 Km 2 (IBGE, 2020). Sobre isso, é estimado que a população do município seja de 53.618 habitantes (IBGE, 2021).

A Praia Porto Real encontra-se no Rio Tocantins, e está localizada entre os paralelos 10° 41 '37.5 ``S e 48° 25' 08 ``W, a 224 m acima do nível do mar ao sul do município de Porto Nacional, como mostra a tabela 1.

Tabela 1: Pontos de coleta de amostras de água.

PONTOS	LATITUDE	LONGITUDE
P1	S 10°41'36"	W 48°24'57"

Fonte: Autoria própria (2022).

Foi ainda verificado na Praia Porto Real a vista área do Google Earth (2023), onde é possível localizar na figura 1 o Local de pontos de coleta de amostras de água no município de Porto Nacional.

Figura 1: Local de pontos de coleta de amostras de água.



Fonte: Google Earth (2023).

2.2 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

Com o intuito de finalizar o desenvolvimento da pesquisa, foram necessários a utilização dos seguintes procedimentos: coleta de amostra, bem como a análise laboratorial.

2.2.1 COLETA DE AMOSTRA

Neste projeto, o monitoramento foi realizado durante os meses de agosto e setembro, totalizando um período de oito semanas. Para que a execução seja realizada de forma eminente, foi definido o ponto através do sistema de posicionamento global (GPS de navegação modelo GARMIN-60CSx), levando em consideração que a definição do ponto de amostragem seguiu os parâmetros que constam na NBR-9897, a qual se direciona diretamente ao planejamento de amostragens dos efluentes líquidos e corpos receptores.

Nesse ínterim, após selecionarmos os pontos, as amostras foram coletadas semanalmente, e, assim, utilizados recipientes de vidro esterilizados, de 100 ml. É importante ressaltar que os pontos escolhidos para coleta foram selecionados em conformidade com a localização onde havia a maior concentração de pessoas banhando na praia, tendo como pressuposto o Art. 5º, parágrafo único da Resolução Conama nº 274/2000.

2.2.2 MÉTODO DE ANÁLISE EM LABORATÓRIO

É relevante mencionar os métodos de análise das amostras coletadas, as quais foram encaminhadas ao laboratório do IFTO-Campus Porto Nacional e, em seguida, deram início às análises microbiológicas sobre o grupo de E. Coli, com base na técnica colilert, assim como descrito pelo Standard Methods (APHA, 2005).

O método supracitado é amplamente utilizado nesse tipo de pesquisa. Sobre isso, o meio de cultura (enzima Colilert) já vem na quantidade adequada para a análise de 100 mL de água; ao passo que cada enzima será adicionada ao frasco de 100ml juntamente com a amostra que foi coletada e, posteriormente, agitada até a completa diluição dos grânulos. Após essa etapa, a solução foi incubada a 35°C em uma estufa por 24 horas.

A Resolução CONAMA 274/2000 foi a determinante dos parâmetros que devem ser seguidos, a qual estabeleceu os métodos de análise para que se alcançasse os resultados das amostras coletadas. Além disso, foi necessário a realização de mais um parâmetro, o qual foi feito a partir de análises físico-

químicas do pH- o parâmetro indicador microbiológico de balneabilidade são os coliformes fecais segundo a resolução CONAMA 274/00.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 POTENCIAL HIDROGÊNICO (PH)

O Potencial de hidrogênio é um fator crucial para o manejo da água de diversas formas, onde é esse que abrange a qualidade da mesma e propicia o local para banho, piscicultura ou demais questões que estão relacionadas com o Ph. Deste modo, o potencial hidrogênio pode ser influenciado por diversos fatores, a exemplo dos sólidos e gases dissolvidos, alcalinidade e dureza temperatura e fatores bióticos (PITTON, 2013).

O metabolismo é o processo pelo qual ocorre fatores que promovam as transformações fisiológicas no animal, sendo influenciados pelos meios intrínsecos como os fatores genéticos, e os extrínsecos, tais como a temperatura e o pH, essenciais para que ocorra crescimento satisfatório e desenvolvimento saudável dos peixes. SCORVO et al. (2010).

Sobre isso, o pH varia entre 0 e 14 (muito ácido a muito alcalino-básico), pois este é um fator que interfere no metabolismo das espécies. Inclusive, o CONAMA estabeleceu, por meio da resolução 274/00, que os valores devem permanecer de 6 a 9, isto é, em um potencial ácido (ANA, 2020). Nos estudos foi obtido uma média de 6,49 estando dentro da faixa estipulada pela Resolução CONAMA 274/00.

Partindo a análise em outro panorama, é de extrema relevância ressaltar as contribuições de Vieira (2015), segundo o qual afirma que, além dos processos relacionados ao fornecimento e tratamento de águas residuais, o pH também pode afetar vários processos químicos e biológicos na água.

De acordo com as análises realizadas em campo, foi possível verificar um pH de 6,49 onde encontra-se dentro dos parâmetros. Nesse sentido, esse dado coletado corrobora com o que afirma Silva (2017), que o potencial de hidrogênio deve estar dentro de parâmetros de 6,0 a 9,0 no que tange a qualidade de banho de pessoas, e favorece o meio aquático para as melhores funções de metabolismo de animais no local.

Para Queiroz (2016), a água apresenta aspectos físicos e químicos que devem ser observados constantemente, já que estão sujeitos a alterações diárias decorrentes das interferências dos meios naturais, ou induzidos de acordo com a necessidade da propriedade.

Nessa fase, o pH passou por variações, porém, manteve-se dentro da faixa permitida pela Resolução CONAMA 274/00, a qual solicita valores de pH que alternam entre 6,0 a 9,0 para os mananciais. Com base nesse pressuposto, conclui-se que o valor médio indicado é levemente ácido. Sobre isso, com a diminuição do pH da água, os peixes apresentarão uma maior frequência respiratória, passando a abocanhar o ar na superfície.

Dentro desse quadro, é importante entender que esse feito corrobora com Silva (2017), onde o mesmo afirma que níveis exagerados de potencial de hidrogênio, sendo maiores que 10 são potencialmente servindo de risco para população, tendo o adaptável dentro da normalidade 7,2 a 8,3.

Portanto, deve-se ficar em alerta, pois se o pH tiver uma maior redução, os peixes terão morte imediata e, conseqüentemente, a água não estará apta à balneabilidade. Nesse sentido, o pH, segundo a Resolução CONAMA 357/05(2), deve estar entre 7 e 8 para peixes de água doce.

3.2 TURBIDEZ

A turbidez diz respeito ao parâmetro em que é analisada a capacidade da água de dispersar a radiação solar, na qual é influenciada, principalmente, por sólidos em suspensão, os quais reduzem a fotossíntese da vegetação submersa.

A medida da dificuldade de um feixe de luz atravessar certa quantidade de água é chamada de Turbidez. Que é causada por matérias sólidas em suspensão (silte, argila, colóides, matéria orgânica, etc.). A turbidez é medida através do turbidímetro, comparando-se o espalhamento de um feixe de luz ao passar pela amostra com o espalhamento de um feixe de igual intensidade ao passar por uma suspensão padrão (VARNIER, 2018).

Em valores encontrados nos parâmetros de análises, o valor foi de 5,74 unidades nefelométricas, onde é uma análise que está dentro dos dados importantes para dispersão solar, favorecendo assim a qualidade de banho. Esse fator é crucial para a vida marinha, e é um assunto que corrobora com o que Souza (2016) explana, onde os valores podem ser de até 6,0.

Entretanto, para Seluchi e Nobre (2019), o valor próprio para a turbidez de água para banhos devem estar no valor máximo de até 5,0 unidades nefelométricas, onde passando até 0,5 unidades nefelométricas é o valor mais aceitável. Valores acima de 6,0 devem passar por processo direto de tratamento ou melhoria da mesma.

Nessa perspectiva, segundo Souza (2016), uma turbidez elevada pode atenuar a penetração da luz na coluna d'água e, assim, reduzir a sua transparência, de modo a prejudicar a fotossíntese das algas e plantas aquáticas submersas.

Em uma perspectiva geral, a turbidez vem da erosão de grandes quantidades de sólidos na área de drenagem do reservatório afluentes e toda a bacia hidrográfica (TAVARES, 2005). Nessa ótica, o presente estudo obteve uma turbidez média de 5,74 NTU, um valor considerado alto de acordo com a Resolução CONAMA nº274, que estabelece limite máximo de 5 unidades nefelométricas.

Para Barros (2015) levantaram trabalhos que avaliaram a eficácia de **planos de conservação de solos** em bacias hidrográficas e demonstraram que tais práticas podem reduzir em até 80%, sendo que os valores médios são de 50%. Portanto, essa configura-se como uma potencial alternativa de combate à problemática supracitada.

Com relação a esses panoramas, é importante compreender que os processos e fatores relacionados com a turbidez elevada pode danificar o ecossistema a longo prazo, assim favorecendo mais a degradação do mesmo, nesse sentido é importante destacar que durante as análises realizadas o processo de unidades nefelométricas podem alterar de acordo com as estações do ano.

3.3 ESCHERICHIA COLI

A princípio, é imprescindível salientar que muitas bactérias são identificadas no período das chuvas. Essa alta concentração pode ser explicada pelo fato das águas da chuva escoar através do solo, o que suscita no carregamento de inúmeras impurezas para o leito do rio, que se originam de resíduos sólidos da substância tóxica encontrada na superfície da terra e fezes de animais, o que compromete a qualidade das águas balneares (MEYBEC; HELMER, 2019).

Nessa lógica, os resultados das análises microbiológicas do ponto escolhido apresentaram valores bastantes satisfatórios para a bactéria E. coli, com base nos critérios da resolução Conama 274/00, o qual confirmou que a água atende aos critérios de adequação para uso em recreação de contato primário.

Em definição, a bactéria E. coli, é um ser do estado gram-positivo que afeta diretamente o corpo humano quando entra em sua corrente sanguínea, nesse caso de artigo a questão dos banhos é uma ação cotidiana do ser humano, onde pode algumas vezes afetar a condição dos mesmos e podendo assim dependendo da situação entrar em contato com o corpo, deixando-o próprio as infecções (PEREIRA, 2018).

Nesse ínterim, ao analisar as amostras de água do ponto escolhido, comprovou-se que a densidade de E. coli apresentou uma média de 27,4 (NMP / 100ml) durante o período de monitoramento.

Deste modo, esse processo corrobora com o que Solecki et al. (2018) explana, onde, essa bactéria pode causar efeitos adversos no corpo humano, fomentando para o aparecimento de doenças, e causando doenças no trato gastrointestinal de modo severo e grave dependendo da contaminação.

Entretanto, ainda é de urgência que os efluentes domésticos recebam o devido tratamento sanitário, pois, se não tratados, ao atingirem corpos d'água, depositam, além de micro-organismos patogênicos, substâncias químicas capazes de causar efeitos degradantes em organismos da biota aquática (EMBRAPA, 2019).

Segundo Pádua (2013), a contaminação por uma elevada quantidade de matéria orgânica pode acarretar contaminação microbiológica. Assim, ele afirma que formações de grandes aglomerados urbanos e industriais aumentam a necessidade de água para abastecimentos tanto domésticos quanto industriais, além da irrigação e lazer, por isso deve ser tratada com a devida importância.

4.CONCLUSÃO

A água é para banhos devem atender critérios importantes, que variam desde pH, turbidez, preservação, importância para metabolismo e crescimento de animais de ecossistema próprio, assim como deve atender demandas para balneabilidade, fomentando assim padrões de qualidade que se encaixam nos perfis adotados por órgãos competentes fiscalizadores.

Há de convir, portanto, que os resultados aferidos a partir das análises microbiológicas das amostras de água coletadas na Praia Porto Real em Porto Nacional – TO, confirmaram que as bactérias *E. coli* estiveram presentes em todos os pontos de monitoramento, durante o período de estudo.

Contudo, ao comparar esses resultados das análises com os valores propostos pela Resolução nº 274/00 do CONAMA para balneabilidade (recreação de contato primário), foi possível determinar que as águas, quanta à balneabilidade, são próprias para utilização, sendo subdividida, desta maneira, na categoria de “excelente”.

Espera-se, portanto, que o Poder Público, por intermédio do Secretaria Municipal do Meio Ambiente, realize o monitoramento e a avaliação das águas de Porto Nacional/TO, que aloca a Praia Porto Real, no que concerne a balneabilidade, para que, por fim, os resultados estejam em conformidade aos pré-requisitos estipulados pela Resolução CONAMA 274/2000, reconhecendo, assim, que as águas dessa região estejam aptas ao contato primário e à realização de atividades recreativas.

Sob outra perspectiva, pressupõe-se que essas informações sejam úteis futuramente, no intuito de dar continuidade a outros trabalhos, mediante o fornecimento de dados que estão disponíveis.

REFERÊNCIAS

- BARROS, A. M. L. Modelagem da poluição pontual e difusa: Aplicação do Modelo Moneris à Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca, Pernambuco. Universidade Federal de Pernambuco. Pernambuco 2018.
- BERG, C. H.; GUERCIO, M. J.; ULBRICHT, V. R. Indicadores de Balneabilidade: A situação brasileira e as recomendações da World Health Organization. *International Journal of Knowledge Engineering and Management*. Florianópolis, v. 2, n. 3, p. 83-101, jul./out, 2013.
- BRASIL. Crises hídricas no Brasil – Fórum Mundial da Água. Ministério da Integração Nacional, 2018.
- CETESB. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Relatório de Qualidade das Águas Litorâneas no Estado de São Paulo – Balneabilidade das Praias. São Paulo: 142 p, 2004.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. RESOLUÇÃO Nº 274 de 29 de novembro de 2000: Define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras. Brasília, 2000. 3 p.
- EMBRAPA, Estudo Estratégico Embrapa na Amazônia Legal: demandas e prioridades de PD&I. Documento Nº 7 Pesca e Aquicultura. Embrapa Estudos Estratégicos e Capacitação (CECAT). 2018.
- HERMES, L. C.; SILVA, A. S. Avaliação da Qualidade das águas: manual prático. Brasília: EMBRAPA Informação Tecnológica. p. 55, 2014.
- LIRA, R. M. et al. A utilização de águas de qualidade inferior na agricultura irrigada | The use of lower quality water in irrigated agriculture. *Revista Geama, Recife*, v. 2, n. 2, p. 95-128, dez. 2015.
- MEYBEC, M. HELMER, R. Na introduction to water quality. In: CHAPMAN, D. *Water Quality Assessments: A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. 2. Edition Cambridge: University Press, 2019.
- PÁDUA, H.B. Informações sobre coliformes totais/fecais e alguns outros organismos indicadores em sistemas aquáticos – Aquicultura. *Caderno de Doutrina Ambiental*, 20 p., agosto, 2003.
- PEREIRA, R. S identificação e caracterização das fontes de poluição em sistemas hídricos. *Revista Eletrônica de Recursos Hídricos, IPH-UFRGS*. V. 1, n. 1. P. 20-36. 2018.
- PINHEIRO, P. Doenças transmitidas pela água. *Md.saúde*. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www.mdsaude.com/2012/01/doencas-da-agua.html>. Acesso em: 25 de junho de 2023.
- PITTON, S. E. C. A água e a cidade. In: BRAGA, R; CARVALHO, P. F. DE (Org). *Recursos hídricos e planejamento urbano e regional*. Rio Claro (SP): UNESP/IGCE, 2013.
- SELUCHI, M.; NOBRE, P. CHESS - Crise hídrica, estratégia e soluções da SABESP. São Paulo: Sabesp, 2018.
- SCORVO, João et al. A tilapicultura e seus insumos, relações econômicas. *R. Brasileira de Zootecnia*, v.39, p.112-118, 2010.
- SOUZA, R. F. P.; SILVA, A.G. , J. Poluição hídrica e qualidade de vida: o caso do saneamento básico no Brasil. 2015.

VARNIER, C. Caracterização e vulnerabilidade das águas subterrâneas. São Paulo: Instituto Geológico (IG/SMA), 2018.

VIEIRA, G. A.- Produção intensiva de peixes: análises e perspectivas, Revista Nacional da Carne, São Paulo, v.342, p.131-134, 2015.

Capítulo 8



10.37423/230708025

DIGITALIZAÇÃO DO ACERVO DO ARQUIVO HISTÓRICO DO MUNICÍPIO DE ARARANGUÁ-SC

GABRIELLI CIASCA VELOSO

Universidade Federal de Santa Catarina

ANDRÉA CRISTINA TRIERWEILLER

Universidade Federal de Santa Catarina

PAULO CESAR LEITE ESTEVES

PAULO CESAR LEITE ESTEVES

RAFAELA BETT SORATTO

rafaelasoratto@gmail.com



Resumo: A principal função das Tecnologias da Informação e Comunicação diz respeito a favorecer a disseminação e compartilhamento da informação, através de ferramentas que auxiliem na comunicação de modo geral. Um ambiente que caracteriza e oportuniza este processo de comunicação entre pessoas, épocas e lugares, através da informação que mantem em diversos formatos, é o Museu, ou Arquivo Histórico. No entanto, o que percebemos é que a visita ao museu não é mais a principal fonte de informações lembrada no momento da pesquisa, e é neste contexto que as tecnologias da informação e comunicação, as ditas TICs, podem contribuir. A aplicação de instrumentos e mecanismos computacionais no contexto museólogo, não provoca só a modernização, busca facilitar a investigação e recolhimento de informações, e mais, assumir principalmente uma posição de complemento ao museu, e em nenhum momento competindo com o que nunca deixará de ser o ambiente de salvaguarda da história. Neste trabalho buscamos a disponibilização virtual do acervo histórico do município de Araranguá-SC e conseqüente e concomitantemente sua conservação e difusão.

Palavras-chave: Acervo Digital. Digitalização. Tecnologias da Informação e Comunicação.

1 INTRODUÇÃO

O material histórico cresce a cada novo acontecimento, no entanto, Museus e Arquivos, isoladamente, não têm como competir com a densidade informacional que a internet e demais ferramentas de informação e comunicação proporcionam, uma vez que a interação com uma exposição virtual, seu compartilhamento e acesso a qualquer momento, independente da sua localização geográfica e disponibilidade de horário, sendo muito mais atrativo e cada vez mais, simples e intuitivo.

As tecnologias trazem uma possibilidade de difusão mais abrangente e de fácil propagação do patrimônio dos Museus, Arquivos Históricos, Centros Culturais e Exposições sejam temporárias ou fixas. Percebendo-se o desenvolvimento fascinante e acelerado da tecnologia e a motivação que sua implementação acarreta nos usuários, diversos espaços públicos, fora e dentro do Brasil, vem se adaptando à utilização de ferramentas da informática, capazes de tornar acessíveis informações relacionadas ao contexto em que se apresentam. Os Museus e Centros Culturais se utilizam destas ferramentas não só na criação de sites informativos sobre suas exposições, horários de funcionamento, e apresentação dos responsáveis, mas também, buscam para o intercâmbio de informações entre especialistas e visitantes “leigos”, outro meio de divulgação dos projetos desenvolvidos e principalmente, um complemento ao Museu físico, do ponto de vista de exposições virtuais e disponibilização de maiores informações sobre o conteúdo do Museu, que não cabe em seu espaço físico.

Este artigo tem como objetivo apresentar o projeto de digitalização e disponibilização do acervo histórico do Arquivo do Centro Cultural da Cidade de Araranguá (localizada no extremo sul de Santa Catarina) composto por mais de 3.000 fotografias e mais de 5.000 documentos, por meio de métodos e ferramentas de digitalização, ações ligadas ao projeto de extensão denominado Bolsa Cultura, oportunizado por uma Universidade Federal. Como consequência, esta disponibilização virtual, acarreta na conservação e disseminação do acervo, e ainda, na divulgação do Museu Histórico, a fim de despertar o interesse em visitar o museu virtual e influenciar a visita ao museu físico (real).

2. CONTEXTO INVESTIGADO

Para alcançar tal objetivo, por meio de embasamento teórico disponível na literatura, no contexto das Tecnologias da Informação e Comunicação – TICs, como alicerce na comunicação dos museus físicos, museus virtuais e o público, e contando com a orientação de professores e especialistas. O Arquivo do Museu foi submetido a uma avaliação das condições iniciais, e posteriormente, teve grande parte do

seu acervo digitalizado e reformado de forma digital. Em um segundo momento, este acervo digital foi disponibilizado em um terminal pertencente ao próprio Centro Cultural, onde assumiu o papel de extensão do Museu e do Arquivo Histórico de Araranguá.

O projeto de digitalização do acervo do arquivo histórico de Araranguá foi estruturado a fim de organizar e digitalizar documentos e imagens existentes no Arquivo Histórico da cidade, constituído por fotografias, jornais e outros documentos que ilustram a memória da cidade visando propiciar uma melhor condição de acesso e pesquisa.

O Arquivo Histórico de Araranguá integra o Centro Cultural Artesã Máxima Astrogilda de Souza, que abriga ainda, o Departamento de Cultura de Araranguá e o Museu Histórico de Araranguá. Atualmente o Centro Cultural está localizado em um prédio construído pelo Banco Nacional do Comércio S.A, posteriormente utilizado pelo Banco Sul Brasileiro S.A e Banco Meridional S.A., um monumento histórico memorável para os araranguaenses, construído na década de 40, adquirido pela Prefeitura Municipal de Araranguá, em 1997 e inaugurado em 04 de maio de 2000.

A partir de 2005, a organização e tratamento desse acervo pertencente ao Arquivo Histórico passaram a receber prioridade nas ações da Prefeitura de Araranguá que, por meio de parcerias com instituições de ensino da região, propiciaram uma organização prévia desse material. O acervo do Arquivo Histórico, basicamente, formado por documentos antigos da municipalidade, coleções de jornais, e de fotos diversas do município e arredores, está disponível para visita, consultas e pesquisa pela comunidade. Entretanto, apenas 5% do acervo fotográfico, encontrava-se digitalizado e, dessa forma, acessível no computador do Centro Cultural. Através dos projetos de Digitalização do Acervo do Arquivo Histórico do Município de Araranguá, esperava-se conferir a organização das imagens fotográficas e dos documentos soltos, isto é, documentos que não pertencem a nenhum livro, jornal, revista ou qualquer periódico, e ajustá-los para certas normas indicadas e criadas pelos envolvidos no projeto, e iniciar o processo de digitalização dos mesmos para enfim disponibilizar de forma digital para toda a população e pessoas interessadas.

Após a interação das participantes sobre a situação do Arquivo, foi necessário segmentar o projeto em duas partes a fim de organizar, normalizar e digitalizar, a maior parte possível do material disponível no Arquivo, pois o mesmo possuía um grande volume tanto de documentos como de fotografias. Por isso, no primeiro projeto que teve duração de novembro de 2011 a outubro de 2012, foram selecionadas todas as imagens fotográficas para se realizar os trabalhos propostos, e assim, as imagens pertencentes ao arquivo até 31 de agosto de 2012, foram devidamente organizadas e digitalizadas

para disponibilização, com as regras de catalogação e criação de legendas para cada fotografia, correspondentes no material físico e virtual.

A segunda etapa do Projeto de Digitalização do Acervo do Arquivo Histórico de Araranguá foi direcionada à organização, normalização e digitalização do acervo de documentos soltos. Estes não possuíam nenhuma representação digital, mas estavam previamente organizados por assuntos. A partir de março de 2013 até fevereiro de 2014, foram devidamente organizados e digitalizados, parte do acervo de documentos, com as regras de catalogação e criação de legendas para cada fotografia, correspondentes no material físico e no, virtual.

2 DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

De um modo geral, o museu é visto como o local que conserva, estuda, comunica e expõe os testemunhos materiais deixados ao longo de gerações. A instituição é considerada um local à serviço da sociedade, ou melhor, como um espelho da sociedade (ROMAN, 1992).

Entretanto, a visita ao museu está cada vez menos lembrada pela população. A pesquisa em Arquivos (instituição) aos arquivos históricos (documentos disponíveis em Arquivos) há tempos não é mais a principal maneira de se conhecer a história de um local, de um personagem ou de um fato (NOGUEIRA, 2006). Sob o ponto de vista de Muchacho (2005), “O museu da atualidade está a enfrentar um desafio constante e primordial: a comunicação com o seu público.”

Sendo assim, o processo de digitalização deste patrimônio coletivo, destina-se a fornecer acesso virtual ao acervo digital do museu histórico de Araranguá, viabilizando a doação virtual de material, haja vista que muitos doadores tem o desejo de contribuir com o acervo do Arquivo, mas não querem se desfazer do material, seja ele fotografia, documento ou objeto. Desta forma, o doador dispõe de um registro virtual do seu item ao Museu, sem doar o item físico (real).

Um museu que não mantém atualizadas e em bom estado as informações relativas a seu acervo, deixa de cumprir uma de suas principais funções, ou talvez a mais importante, que é a preservação de sua memória (COSTA, 2006).

3. ANÁLISE DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

O Projeto de Digitalização do Acervo do Arquivo Histórico do Município de Araranguá deu-se em duas partes, ambas coordenadas pelo Professor Dr. Paulo Cesar Leite Esteves, com participação das bolsistas Gabrielli Ciasca Veloso, Mariana dos Reis Martins e Gisele Fortunato Martins, acadêmicas do curso de Bacharelado de Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade juntamente com

a direção do Centro Cultural Artesã Máxima Astrogilda de Souza de Araranguá, em especial o diretor vigente do Arquivo Histórico, Daniel Vieira. Este projeto teve o propósito de digitalizar o acervo fotográfico e documental do Arquivo Histórico de Araranguá, a fim de promover a preservação do patrimônio, sem privar o público de seu acesso e ainda, estimular seu conhecimento de uma forma mais dinâmica, atrativa e interessante que as TICs podem proporcionar.

O projeto de digitalização foi estruturado a fim de organizar e digitalizar documentos e imagens existentes no Arquivo Histórico da cidade, constituído por fotografias, jornais e outros documentos que ilustram a memória da cidade visando propiciar uma melhor condição de acesso a informação e pesquisa.

O Arquivo Histórico de Araranguá integra o Centro Cultural Artesã Máxima Astrogilda de Souza, que abriga ainda, o Departamento de Cultura de Araranguá e o Museu Histórico de Araranguá. Atualmente o Centro Cultural está localizado em um prédio construído pelo Banco Nacional do Comércio S.A, posteriormente utilizado pelo Banco Sul Brasileiro S.A e Banco Meridional S.A., um monumento histórico memorável para os araranguenses, construído na década de 40, adquirido pela Prefeitura Municipal de Araranguá, em 1997 e inaugurado no dia 04 de maio de 2000. (DEPARTAMENTO DE CULTURA, 2015).

A partir de 2005, a organização e tratamento desse acervo pertencente ao Arquivo Histórico passaram a receber prioridade nas ações da Prefeitura de Araranguá que, por meio de parcerias com instituições de ensino da região, propiciaram uma pré-organização desse material.

O acervo do Arquivo Histórico, basicamente, formado por documentos antigos da municipalidade, coleções de jornais, e de fotos diversas do município e arredores, está disponível para visita, consultas e pesquisa pela comunidade. Entretanto, apenas 5% do acervo fotográfico encontrava-se digitalizado e, dessa forma, acessível no computador do Centro Cultural.

Através dos projetos de Digitalização do Acervo do Arquivo Histórico do Município de Araranguá, esperava-se conferir a organização das imagens fotográficas e dos documentos soltos, isto é, documentos que não pertencem a nenhum livro, jornal, revista ou qualquer periódico, e ajustá-los para certas normas indicadas e criadas pelos envolvidos no projeto, e assim, iniciar o processo de digitalização dos mesmos para então disponibilizar de forma digital para toda a população e pessoas interessadas.

Após a interação das participantes sobre a situação do Arquivo, foi necessário segmentar o projeto em duas partes a fim de organizar, normalizar e digitalizar, a maior parte possível do material disponível no Arquivo, pois o mesmo possuía um grande volume tanto de documentos como de fotografias. Por isso, no primeiro projeto que teve duração de novembro de 2011 a outubro de 2012, foram selecionadas todas as imagens fotográficas para se realizar os trabalhos propostos, e assim, as imagens pertencentes ao arquivo até o dia 31/08/2012, foram devidamente organizadas e digitalizadas para disponibilização, com as regras de catalogação e criação de legendas para cada fotografia, correspondentes no material físico e no, virtual.

A segunda etapa do Projeto de Digitalização foi direcionada à organização, normalização e digitalização do acervo de documentos soltos, que não possuíam representação digital, mas estavam previamente organizados por assuntos. De março de 2013 até fevereiro de 2014, foram devidamente organizados e digitalizados parte do acervo, com as regras de catalogação e criação de legendas para cada documento, correspondentes no material físico e no material virtual, como na etapa anterior.

3.1 ANÁLISE, IDENTIFICAÇÃO E ORGANIZAÇÃO DO ACERVO

Todo o acervo fotográfico, constituído por 3.670 imagens fotografias e cerca de 5.165 documentos soltos pertencentes ao acervo do Arquivo Histórico, foram analisados individualmente e organizados, segundo o assunto identificado. Conforme preconizam as técnicas de conservação de acervos históricos, foram utilizadas luvas e máscaras (cirúrgicas, não estéreis) durante o manuseio das fotografias, bem como dos demais documentos. Algumas fotografias foram identificadas por comparação, com auxílio do historiador responsável pelo Arquivo, pois houve dificuldade em encontrar informações que pudessem ajudar na definição da categoria, criação da legenda e separação por categorias de assunto. Pois nem sempre o que estava escrito na fotografia ou envoltório de papel era o que a imagem representava.

Inicialmente, foi analisado o estado do acervo fotográfico e documental, que estava em condições precárias de conservação e armazenamento, pois as prateleiras são de madeira, material muito vulnerável à contaminação por cupins, não há aparelho desumidificador de ar e nem porta para isolar o material do ambiente de trabalho dos funcionários do Centro Cultural.

Cada imagem fotográfica ou documental foi arquivada fisicamente e envolta em uma folha de papel branco, com as informações escritas a lápis 6B. As imagens de um mesmo assunto foram envelopadas sequencialmente, e esses envelopes distribuídos em caixas plásticas. Como uma parte inicial das

fotografias já estava sendo digitalizada, esses arquivos foram revistos quanto à classificação e organização. As imagens digitais encontradas no computador do Arquivo Histórico foram organizadas com base nos mesmos critérios e movidas para um diretório específico, removendo imagens duplicadas e/ou cópias das fotografias físicas. Tal organização foi reiniciada várias vezes, pela constante inclusão de novos elementos ao acervo.

O acervo fotográfico físico está separado e armazenado em 53 pastas nominadas conforme os assuntos identificados nas fotografias, estas pastas estão armazenadas em um total de 08 caixas. As pastas são descritas no Quadro 1:

Caixas	Pastas
Caixa 01	Campo; Campo da Aviação; Casas; Casas, Arquitetura por Maurício Pereira; Concurso Foto Paisagem; Construções; Coreto; Demolição; Enchentes; Hidroavião; Hospital Bom Pastor; Indústria; Jardim; Maquinário Público; Maria Leofrísio; Plantas e Mapas; Ponte; Rádio; Rio Araranguá.
Caixa 02	Política – Manoel Mota;
Caixa 03	Antigo Centro; Caminhão; Carro; Cidades; Embarcações; Esporte; Ferrovia; Lazer; Máquinas Agrícolas; Monumentos; Ônibus; Sítio Arqueológico.
Caixa 04	Artesanato; Biblioteca Pública Municipal Luiz Delfino; Escolas; Eventos Sete de Setembro; Genaro Salvador; Igrejas;
Caixa 05	Bernardino de Senna Campos; Eventos; indígenas;
Caixa 06	Eventos Culturais;
Caixa 07	Abertura Temporada 1987 – 1988; Balneários; Banda Municipal; Centro Cultural Máxima de Souza; Cinema; Filmes; Museu; Pessoas;

Quadro 1 - Organização do Acervo Fotográfico

Fonte: autores.

O Acervo de documentos está separado e armazenado em 16 pastas nominadas de acordo com os assuntos a que se referem os documentos, descritos no Quadro 2:

Assuntos	Certificados	Generalidades
	Correspondências – Diversas	Registro de Imóveis
	Correspondências – Expedida	Requerimento – Baixa de Impostos
	Correspondências – Recebida	Requerimento – Certificados
	Correspondências – Telegramas Diversos	Requerimento – Construção
	Correspondências – Telegramas Expedidos	Requerimento – Diversos
	Correspondências – Telegramas Recebidos	Requerimento – Transferência – Tratamento de Saúde
	Ficha de Eleitor	Requerimento – Tratamento de Saúde - Construção

Quadro 2 - Organização do Acervo de Documentos

Fonte: autores.

Os documentos digitalizados, encontram-se nas pastas de assunto “Certificados” e “Correspondências Recebidas”, pertencentes ao arquivo até meados de janeiro de 2014. Nestas duas pastas existe um

acervo superior a 6.000 documentos. Pelo grande volume de documentos e o prazo restrito, exatamente 5.165 documentos foram submetidos aos processos deste projeto.

3.2 DIGITALIZAÇÃO E RESTAURAÇÃO DO ACERVO

Após este processo de organização, iniciou-se a digitalização do acervo, considerando que algumas imagens já estavam digitalizadas em baixa resolução, estas foram digitalizadas novamente, nos padrões estabelecidos neste projeto.

As fotografias e documentos foram digitalizados em resolução de 600 dpi (Dots Per Inch, em português: “Pontos por Polegada”), utilizou-se a resolução de 1200 dpi para aquelas de dimensões muito pequenas. O nome do arquivo é composto por um número sequencial para cada assunto, seguido do nome da pasta (que se refere ao assunto do registro histórico) e da descrição com local, data e pessoas, no caso dos registros fotográficos. O equipamento de digitalização foi o scanner de mesa digital HP Scanjet 5590, do próprio Centro Cultural. Os arquivos digitais foram salvos no computador do Arquivo Histórico.

Durante a identificação e organização e, sob supervisão do historiador responsável pelo arquivo, algumas restaurações simples foram realizadas nas fotografias, como troca de invólucro inadequado, quando o papel apresentava escrita à caneta ou tamanho inadequado e ainda, a retirada de restos de cola e fitas adesivas, com a utilização de bisturi.

Nos arquivos resultantes da digitalização, observou-se a necessidade da restauração digital de algumas fotografias danificadas pelo tempo e armazenamento precário. Iniciou-se o processo de restauração digital, que busca o aperfeiçoamento da qualidade da imagem, remoção digital de manchas e marcas de dobradura, sem retirar aspectos que caracterizam o registro histórico, como dedicatórias escritas na fotografia. Neste processo de restauração digital foram utilizados os softwares Adobe Photoshop e Microsoft Office Picture Manager.

3.3 CATALOGAÇÃO DO ACERVO

A criação da legenda e nome do arquivo digital das fotografias é composta por 08 informações, desenvolvida na seguinte ordem: número sequencial que se refere à fotografia, assunto principal, assunto secundário, evento, data, pessoas presentes na imagem, fotógrafo e lugar. Em diversos arquivos algumas das informações não estavam disponíveis, seja por não haver informações ou

registros na fotografia ou ainda, por não ser possível identifica-las, seja por falta de conhecimento ou por dano na fotografia.

A contagem do número sequencial da legenda de cada fotografia inicia a cada ano, pertencente a cada assunto, de cada caixa. Ou seja, toda caixa de cada assunto, terá a primeira fotografia com o número sequencial “001”. Por exemplo: “266 Esporte Motociclismo IV Km Arrancada de Moto 10-02-1985 Balneário Arroio do Silva”. O detalhamento da composição da legenda das fotografias é apresentado no Quadro 3.

Composição da legenda da fotografia	
Número sequencial	266
Assunto principal	Esporte
Assunto secundário	Motociclismo
Evento	IV Arrancada de Moto
Data	10-02-1985
Pessoas identificadas na fotografia	
Fotógrafo	
Lugar	Balneário Arroio do Silva

Legenda Final: “266 Esporte Motociclismo IV Arrancada de Moto 10-02-1985 Balneário Arroio do Silva”

Quadro 3 - Composição da Legenda das Fotografias

Fonte: autores.

Os dois primeiros campos que compõem a legenda são campos obrigatórios, ou seja, estão presentes em todas as legendas de todas as fotografias. Os demais campos, só estarão presentes na legenda quando existir a informação, conforme a descrição de todos os campos, que compõem a legenda:

1º – Número sequencial referente à fotografia: este está para a fotografia como um identificador individual dentro da pasta a que pertence, um nome próprio, válido apenas quando junto às demais informações da legenda, precedido da descrição do assunto principal identificado na fotografia. Obrigatório na legenda do arquivo digital;

2º – Assunto principal identificado na fotografia. Obrigatório na legenda do arquivo digital.;

3º – Assunto secundário identificado na fotografia, quando existir e for identificado; 4º – Descrição do tipo ou nome do evento representado na fotografia, quando existir e for identificado;

5º – Data em que a fotografia foi feita, podendo ser o dia, o mês e o ano, ou ainda apenas um destes campos, como por exemplo, apenas o ano. Este elemento pode ser encontrado na própria fotografia ou através de descoberta por pesquisa em outros documentos ou por informações de pessoas que tenham alguma relação com a fotografia;

6º – Pessoas presentes na imagem: quando houver e quando se conseguir identificar e conhecer os nomes das pessoas presentes na fotografia;

7º – Fotógrafo responsável pela feitura da fotografia: este elemento pode ser encontrado na própria fotografia ou através de descoberta por pesquisa em outros documentos ou por informações de pessoas que tenham alguma relação com a fotografia;

8º – Local representado na imagem, como rua, bairro, cidade, estado ou país. Este elemento pode ser encontrado na própria fotografia ou através de descoberta por pesquisa em outros documentos ou por informações de pessoas que tenham alguma relação com a fotografia. Com relação aos documentos soltos, a criação da legenda e nome do arquivo digital é composta por 04 informações, desenvolvidas na seguinte ordem: ano, número sequencial, páginas e lados do documento (frente e verso). Em diversos arquivos, algumas das informações não estava disponível, sendo assim, só estará presente na legenda quando existir necessidade.

O campo “Páginas” só é necessário quando o documento contém mais de uma página. E o campo “Lados do documento”, somente é necessário quando o documento tem informações dos dois lados. Porém, os dois primeiros campos, que compõem a legenda são campos obrigatórios. Ou seja, estão presentes em todas as legendas de todos os documentos, conforme a descrição dos campos, que compõem a legenda:

1º – Ano a que o documento se refere precedido da palavra reservada “Ano”. Por exemplo: “Ano 1983”;

2º – Número sequencial referente ao documento: este está para o documento como um identificador individual, um nome próprio, válido apenas quando junto às demais informações, precedido da palavra reservada “Documento”. Por exemplo: “Documento 001”. A contagem do número sequencial da legenda de cada documento, inicia a cada ano pertencente a cada assunto de cada caixa, ou seja, toda caixa de cada assunto, terá o primeiro documento com o número sequencial “001”;

3º – Número referente à página digitalizada, com menção a quantidade total de páginas do documento, antecedido da expressão reservada “Página x de y”, quando necessário, ou seja, apenas nos casos em que o documento possuir mais de uma única página. Por exemplo: “Página 1 de 2”;

4º – Entre parênteses a descrição de “frente” ou “verso”, quando necessário, ou seja, somente nos casos em que exista material histórico relevante nos dois lados no documento. Este deve ser disposto como último item ou ainda, se o documento constar informação de “Página”, deve ser disposto ao lado do número da página atual do documento. Consequente e inevitavelmente, todo documento que

possuir “verso”, deve possuir outro documento digital “frente”. Por exemplo: “Página 1 (verso) de 2” e “Página 1 (frente) de 2”, ou ainda “(verso)” e “(frente)”, como descrito no Quadro 4.

Exemplos de legenda	“Ano 1983 – Documento 001 – Página 1 (verso) de 2”
	“Ano 1983 – Documento 002 (frente)”
	“Ano 1983 – Documento 003”

Quadro 4- Exemplos de Composição da Legenda dos Documentos

Fonte: autores.

3.4 DISPONIBILIZAÇÃO DO ACERVO

A principal forma de disponibilização do acervo digitalizado se dá através de outro projeto de uma Universidade Federal, o Totem Digital que trata de um quiosque de informação destinado ao Centro Cultural de Araranguá. Este projeto promove a interação tecnológica da história local com os visitantes do Museu Histórico, através de um hardware simples e com suporte ao armazenamento de informações como: dados do museu histórico, registros em geral, documentos, materiais, mapas, dentre outros elementos multimídia. Uma importante aplicação multimídia, que tem por objetivo ser uma ferramenta de exposição do patrimônio do Centro Cultural de forma digitalizada e virtual, desenvolvido sob orientação de professores da Universidade e alunos de graduação, bolsistas do projeto. O hardware do totem é fruto de material reciclado doado, com a intenção de dar ao projeto, um caráter não só sociocultural, mas também ecológico.

A fim de prover a interação destes dois projetos – digitalização do acervo (conteúdo), e construção física do totem (plataforma) – surge um terceiro projeto, este de integração do acervo digitalizado do Arquivo Histórico de Araranguá com o Totem Digital, com a intenção de projetar e avaliar um Modelo de Aplicação Multimídia Interativa para o Totem Digital. Ou seja, idealizar, desenvolver e avaliar uma interface de navegação para o Totem Digital e, por meio dele, acessar o acervo digital do Arquivo Histórico.

Um terceiro projeto, Avaliação de Aplicações Multimídia Interativas para Quiosque de Informações: Totem Digital para o Museu Histórico de Araranguá, origina-se da união dos dois projetos citados anteriormente, que forneceram o conteúdo e a plataforma. A fim de, por intermédio das TICs, atualizar a forma de acessar ao acervo do Centro Cultural, através de uma interação eficaz, eficiente e satisfatória dentro dos principais requisitos de usabilidade. Ou seja, este terceiro projeto, propõe-se realizar o planejamento, elaboração e execução de um modelo de aplicações multimídia para prover a interação ao Totem Digital, como hospedeiro do acervo digital do Arquivo Histórico de Araranguá.

4 CONTRIBUIÇÃO TECNOLÓGICA-SOCIAL

A utilização de Tecnologias da Informação e Comunicação com o objetivo de potencializar a disseminação do acervo histórico de Arquivos e Museus, é cada vez mais frequente, sendo fundamental propor diversas novas formas de se manter acervos em condições suficientes de conservação, sem privar o público de seu acesso. E ainda, atrair mais visitantes para a vivência nestes ambientes, tanto reais –os próprios Museus, como virtuais – os sites e quiosques de informação.

O projeto de Digitalização do Acervo do Arquivo Histórico do Município de Araranguá, apresentado resumidamente neste artigo, possibilitou conhecer a história da cidade e a construção das relações sociais preservadas sob a forma de um acervo fotográfico e documental. E assim, atuou na divulgação do Museu Histórico, a fim de despertar o interesse em visitar o museu virtual e influenciar a visita ao museu físico (real). E ainda, demonstrou que a utilização das TICs, em prol da preservação da história e da cultura, disponibilizou uma extensão virtual do Centro Cultural de Araranguá, aproximando a população do seu legado cultural.

A principal contribuição deste projeto, foi a conservação dos arquivos históricos sem privar o público de sua exposição, pois o material físico pode ficar mantido em ambiente ideal de conservação, protegido de fungos, parasitas, condições climáticas, como umidade, ou de possíveis acidentes. E ainda, promover uma maior disseminação dos arquivos e artefatos do Museu, facilitando o conhecimento de visitantes ao conteúdo disponível no Museu, colaborando com a divulgação do museu físico, através de uma plataforma multimídia que transcende as barreiras de localização, espaço físico e demandas, que seriam onerosas para manutenção e conservação dos patrimônios de uma exposição.

Enfim, essa plataforma agrega valor às exposições físicas, por meio de exposições virtuais disponíveis no computador, provocando o interesse da população em desbravar o Museu físico.

REFERÊNCIAS

COSTA, E. P. Princípios básicos da museologia. 21 ed. Curitiba: Secretaria do Estado da

Cultura, 2006. Disponível em:

<http://www.cultura.pr.gov.br/arquivos/File/downloads/p_museologia.pdf> Acesso em jul. 2016.

DEPARTAMENTO DE CULTURA (Araranguá). Centro Cultural de Araranguá. Disponível em: <<http://culturaararangua.blogspot.com.br>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

MUCHACHO, Rute. O Museu Virtual: as novas tecnologias e a reinvenção do espaço museológico, 2005. Disponível em: < <http://www.bocc.ubi.pt/pag/muchacho-rute-museu->

[virtual-novas-tecnologias-reinvencao-espaco-museologico.pdf](http://www.bocc.ubi.pt/pag/muchacho-rute-museu-virtual-novas-tecnologias-reinvencao-espaco-museologico.pdf) > Acesso em: 12 mai. 2016.

NOGUEIRA, Marta. A utilização das tecnologias da informação e comunicação na concretização e desenvolvimento de projetos de difusão do património documental: as exposições. 2006. Apresentado no 2º Foro Social de Información, Documentación y Bibliotecas. Disponível em: <<http://repositorio.ul.pt/handle/10451/3190>>. Acesso em: 12 jul. 2016.

ROMAN, L. S. Politics and museums 1. In P. Boylan Ed. Museums 2000: politics, people, professionals and profit. London: Routledge, 1992. 25p.

Capítulo 9



10.37423/230708026

PROPRIEDADE INDUSTRIAL NO BRASIL O IMPACTO DOS DISPÊNDIOS COM INOVAÇÃO NOS PEDIDOS DE PATENTES

Paulo C. L. Esteves

Universidade Federal de Santa Catarina

Bruna Joaquim

Universidade Federal de Santa Catarina

Fernando Lucio Mendes

Universidade Federal de Santa Catarina

Solange M. da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina



Resumo: A pesquisa analisa a estrutura do sistema de proteção de patentes no País, considerada não só como uma das formas de apropriação econômica dos resultados de pesquisa e desenvolvimento P,&D, mas também, indicador do seu estágio de desenvolvimento. Foi feito um estudo do histórico de dispendios com Ciência e Tecnologia e Inovação – C,T&I, confrontando-o com os resultados obtidos sobre o número de pedidos de patentes depositados no Instituto Nacional da Propriedade Intelectual. Esta pesquisa foi realizada com a utilização do método hipotético-dedutivo, abordagem exploratória e procedimento bibliográfico na coleta de dados. Assim, objetiva analisar, a partir dos dados apresentados, se o País vem sendo capaz de traduzir o montante de recursos dispendidos em setores estratégicos definidos em sua política de C,T&I em crescimento do número de patentes solicitadas. Foram também tratados assuntos correlatos com grande potencial para interferência nessa realidade, tais como o histórico do marco legal de C,T&I no País. Como resultado a pesquisa mostrou que a despeito do esforço realizado e dos resultados alcançados, que o número de pedidos de patentes, considerado um dos principais fatores para análise do desenvolvimento tecnológico de um país, não acompanhou de maneira significativa o aumento dos dispendios realizados.

Palavras Chave - propriedade industrial; patentes; inovação; CT&I; efetivo desenvolvimento.

1. INTRODUÇÃO

A promoção da inovação possui papel relevante para a competitividade internacional. De acordo com o Manual de Oslo (2005), o desenvolvimento de novas políticas de fomento à inovação resulta em mudanças consideráveis para os países que passaram a incluir a inovação em suas agendas políticas.

Conforme menciona a Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação - ENCTI (2016-2019), a intensificação dos investimentos em CT&I reflete na superação de desafios, no avanço do conhecimento e na formação de pesquisadores qualificados. Assim, os dispêndios devem ser direcionados para áreas estratégicas, garantindo o fortalecimento do País.

Carvalho (2017) afirma que “os desenvolvimentos econômico e tecnológico são partes integrantes do próprio conceito de patente” (p. 15), ou seja, “se há tal relação causal, significa que desenvolver a economia já é propriedade intrínseca à patente” (p. 16). Nesse sentido, a superação dos desafios econômicos e tecnológicos do País pode implicar diretamente no aumento do número de patentes desenvolvidas por seus pesquisadores.

Com relação às patentes, a ENCTI (2016-2019) aponta como ação prioritária a modernização dos processos de concessão, além de estímulos à transferência de tecnologia, principalmente no que se refere “as startups, que precisam de análises mais rápidas de seus pedidos dada a urgência delas na obtenção da proteção” (MCTI, 2016, p. 54).

Passa-se, então, a considerar que a análise dos dispêndios em P&D no Brasil, bem como o número de pedidos e concessões de patentes, é um dos elementos necessários para compreender se o País consegue traduzir os investimentos em ciência e tecnologia em inovação. Em razão disso, o presente trabalho tem o objetivo de analisar a evolução dos dispêndios nacionais com CT&I no período de 2000 a 2012 e dos pedidos de patentes no mesmo período. Os resultados da pesquisa possibilitarão inferir se o País está progredindo no que tange ao desenvolvimento tecnológico, a partir da análise dos dados relativos à Propriedade Industrial.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

A Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016, novo marco legal de C,T&I, define inovação como a “introdução de novidade ou aperfeiçoamento no ambiente produtivo e social que resulte em novos

produtos, serviços ou processos” (BRASIL, 2016). A inovação também pode consistir na agregação de novas características ao produto, desde que resulte em melhorias na qualidade ou desempenho.

Por outro lado, o Manual de Oslo (2005) destaca que só é considerado inovação o que é consumido pelo mercado. Nesse documento, são apresentadas quatro categorias: inovação de produto, inovação de processo, inovação de marketing e inovação organizacional. A “inovação de produto é a introdução de um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado no que concerne a suas características ou usos previstos” (p. 57).

A inovação de processo, por sua vez, pode ser conceituada como sendo a implementação “de um método de produção ou distribuição novo ou significativamente melhorado” (p. 58). A inovação de marketing consiste em uma nova forma de marketing “com mudanças significativas na concepção do produto ou em sua embalagem, no posicionamento do produto, em sua promoção ou na fixação de preços” (p. 59), ao passo que a inovação organizacional compreende a execução de novos procedimentos “nas práticas de negócios da empresa, na organização do seu local de trabalho ou em suas relações externas” (p. 61).

Velho (2011) afirma que há complexidade na relação entre Ciência, Tecnologia e Inovação, já que “vínculos internos e externos são importantes, assim como as influências e atores múltiplos” (p. 146). Essa complexidade também se relaciona às mudanças de visão sobre C,T&I no decorrer da história, pois a internacionalização de empresas e o aumento do número de pesquisas fez surgir a necessidade de reavaliar a importância e o papel da C,T&I no desenvolvimento econômico e tecnológico.

O Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações é o órgão responsável pela organização e divulgação de informações de C,T&I no País. Conforme o MCTI (2013) a distribuição dos dispendios públicos em P&D foi destinada nos últimos anos, em ordem decrescente, para as instituições de ensino superior, pesquisas não orientadas, agricultura, desenvolvimento tecnológico industrial, saúde, infraestrutura e outros.

A distribuição acima registrada indica claramente as prioridades adotadas pelo País, bem como, norteia o planejamento das ações, facilitando a avaliação dos resultados.

O MCTI (2016) afirma que o país possui competências para a execução de política nacional de telecomunicações, de radiodifusão, de pesquisa científica e tecnológica e de incentivo à inovação, de desenvolvimento de informática e automação, de biossegurança, espacial e nuclear. Além disso, possui atribuições nos serviços postais telecomunicação e radiodifusão, no planejamento,

coordenação, supervisão e controle das atividades de ciência, tecnologia e inovação, no controle da exportação de bens e serviços sensíveis, e articulação com os governos e sociedade.

Os órgãos de assistência direta e imediata do MCTI são a Secretaria Executiva, o Gabinete do Ministro, a Assessoria Assuntos Internacionais e a Consultoria Jurídica. Os órgãos específicos são compostos pela Secretaria de Desenvolvimento Tecnológico e Inovação, Secretaria de C&T para Inclusão Social, Secretaria de Política de Informática e Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento. Ademais, fazem parte de sua estrutura as seguintes agências: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), Agência Espacial Brasileira (AEB) e Comissão de Energia Nuclear (CNEN).

O MCTI é responsável pela elaboração da Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI). A ENCTI é o documento de referência para o governo, auxiliando no planejamento e implementação de políticas que foquem em excelência científica e tecnológica, na consolidação de empresas inovadoras e no enfrentamento de desafios da área. Também visa facilitar a interação entre os atores públicos e privados para promoção da ciência, tecnologia e inovação. A ENCTI 2016-2019 foi lançada no dia 12 de maio de 2016, para substituir a ENCTI 2012-2015. É importante destacar que durante a fase de elaboração da nova estratégia o Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação buscou a contribuição da comunidade acadêmica e empresarial. O texto para discussão foi disponibilizado e foi possível encaminhar comentários, com a finalidade de aperfeiçoar o documento.

A estratégia apresenta as áreas e tecnologias prioritárias que estão atraindo a atenção do País, tais como: defesa, mudança climática, redução dos riscos e de impactos de desastres naturais, oceanos e antártica, sistemas urbanos sustentáveis, combate à desigualdade de gênero, envelhecimento da população, métodos alternativos ao uso de animais, novos processos produtivos, sociedade e economia digital, energia, convergência tecnológica e tecnologias habilitadoras (MCTI, 2016, p. 56-59). A ideia foi aproximar as iniciativas nacionais de CT&I com aquelas que estão no foco mundial.

Por outro lado, a estratégia também apresenta os desafios a serem superados e as ações estratégicas, mostrados na Tabela 1.

TABELA 1 Desafios da ENCTI

Desafio	Ação
Posicionar o Brasil entre os países mais desenvolvidos em CT&I	• Promover avanços significativos nas áreas prioritárias da estratégia. • Perseguir com maior velocidade a meta de investir 2% do PIB em P&D. • Triplicar o número de pesquisadores envolvidos com P&D.
Aprimorar as condições institucionais para elevar a produtividade a partir da inovação	• Promover uma cultura inovadora. • Estruturar um SNCTI forte e articulado. • Substituir importações tecnológicas. • Inserir o País em novas cadeias produtivas.
Reduzir assimetrias regionais na produção e no acesso a CT&I	• Reconhecer competências e potencialidades dos Sistemas Regionais de CT&I. • Explorar o potencial da reserva de talentos. • Disseminar os benefícios da CT&I pelo País. • Considerar as diferentes necessidades das escalas global, regional e local.
Desenvolver soluções inovadoras para a inclusão produtiva e social	• Inserir as pessoas socialmente vulneráveis. • Aliar o ensino tecnológico científico com o conhecimento tradicional. • Ampliar a capacidade perceptiva e analítica dos problemas. • Motivar alunos à experimentação e atrair mais cidadãos para as carreiras de CT&I.
Fortalecer as bases para a promoção do desenvolvimento sustentável	• Enfrentar uma maior frequência de eventos extremos climáticos. • Investir em técnicas de manejo sustentável das riquezas locais. • Propor soluções para diminuir o uso excessivo de recursos naturais.

Fonte: MCTI (2016, p. 62-70).

Entretanto, a superação de tais desafios depende de todos os envolvidos nos diferentes níveis de atuação, para “tomar decisões estratégicas, operar instrumentos, realizar pesquisas, elaborar programas, etc. Cabe aos atores políticos a definição de diretrizes estratégicas” (MCTI, 2016, p. 18).

2.2 PROPRIEDADE INDUSTRIAL E SUAS ESPÉCIES

No Brasil, a Propriedade Industrial é administrada, aperfeiçoada e disseminada pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). A autarquia federal foi criada pela Lei nº 5.648, de 11 de dezembro de 1970 e executa as normas que regulam a Propriedade Industrial, que abrange a indústria, o comércio a agricultura, a indústria extrativa, e produtos naturais e manufaturados.

O INPI realiza concessões pertinentes à Propriedade Industrial, que incluem patentes de invenção (PI) e modelo de utilidade (MU), registro de desenho industrial, registro de marca, registro de indicações geográficas, programa de computador e registro de topografia de circuitos integrados. Todas as categorias têm direitos e obrigações regulados pela Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996.

Analisando os conceitos relativos a cada uma das espécies de Propriedade Intelectual administradas pelo INPI, verifica-se que a patente “é o título legal que documenta e legitima, temporariamente, o direito do titular de uma invenção ou de um modelo de utilidade” (JUNGSMANN, 2010, p. 39). Portanto, a proteção por patentes envolve patentes de invenções e modelos de utilidade, através de novas criações ou aperfeiçoamentos de invenções existentes.

Sobre o assunto, importante ressaltar que a concessão de patentes “representa uma forma de atrair recursos privados requeridos para converter a criação científica em inovação” (QUINTAL; TERRA, 2014, p. 764). Os autores também afirmam que os riscos do processo de inovação são minimizados com o patenteamento. Em outras palavras, são necessários recursos para desenvolver uma tecnologia nova, e, a “patente é responsável por aumentar as possibilidades de retorno do investidor, bem como, reveste a negociação de maior formalidade” (QUINTAL; TERRA, 2014, p. 764). Mais adiante, estudar-se-á de maneira detalhada o que se entende por função social da Propriedade Intelectual, oportunidade em que também os aspectos econômicos do tema serão tratados com maior profundidade.

Ao iniciar o estudo relativo às espécies vinculadas à Propriedade Industrial, Paranaguá e Reis (2009) afirmam que a concessão de patentes de invenções e modelos de utilidade é mais complexa do que as outras formas de proteção, visto que elas são disputadas pelos setores públicos e privados e proporcionam domínio apenas ao titular. Os autores destacam que a “apropriação de uma tecnologia através do sistema de patentes toma corpo atualmente, dada à sua importância para a competitividade e o desenvolvimento” (p. 13).

Pode-se afirmar que a invenção é “uma nova solução para um problema técnico específico, dentro de um determinado campo tecnológico” (INPI, 2015, p. 11). A patente de invenção, além de ser uma “novidade absoluta e atividade inventiva, tem que ter aplicação industrial, isto é, tem que poder ser produzida em grande escala” (JUNGSMANN, 2010, p. 39).

É interessante mencionar, também, que a patente de invenção pode ser de produto ou de processo. Paranaguá e Reis afirmam que se refere à patente de invenção de produto “quando a tecnologia

patenteada é um objeto físico determinado” (p. 27). Já as patentes de processo “constituem uma série de ações humanas, mecânicas ou químicas que ao fim levarão a um resultado” (p. 27).

Pode-se considerar que os “modelos de utilidade se referem a um objeto de uso prático, ou parte deste, suscetível de aplicação industrial” (INPI, 2015, p. 12). No modelo de utilidade, “as características de novidade absoluta e aplicação industrial são também requeridas, porém com um menor grau de inventividade” (JUNGSMANN, 2010, p. 40). Conforme registra o INPI (2012), “sistemas, processos, procedimentos ou métodos para obtenção de algum produto não estão inclusos neste tipo de proteção” (p. 4). Além disso, a análise da patenteabilidade realizada pelo INPI envolve aspectos como: aplicação industrial, nova forma ou disposição, ato inventivo e melhoria funcional.

Por outro lado, a Lei nº 9.279 (1996) considera desenho industrial uma nova forma ornamental, que não está ligada à função do objeto, e que possa ter fabricação industrial. É preciso atender aos requisitos de novidade, originalidade e utilização ou aplicação industrial. Além disso, é necessário considerar que a nova estética tenha uma aplicação funcional, porém, se a aparência “for absolutamente necessária para a obtenção do resultado almejado, deixa de ser desenho industrial” (MUNIZ et. al, 2013, p. 38). Neste caso, considera-se como invenção ou modelo de utilidade. No Brasil, o desenho industrial é submetido a registro para que possa ter a proteção anteriormente mencionada.

A marca, por sua vez, é “todo sinal distintivo, visualmente perceptível, que identifica e restringe produtos e serviços de outros similares” (MUNIZ et. al, 2013, p. 38). Conforme Muniz (2013), as marcas são classificadas quanto à forma e natureza. Quanto à forma, pode ser nominativa (apenas letras), figurativa (desenho, figura ou letra e número estilizados), mista (combinação de elementos nominativos e figurativos) ou tridimensional (a forma plástica do produto ou da embalagem é o diferencial). Quanto à natureza, pode ser de produtos/serviços, que a distingue de outro idêntico ou similar; coletiva, relacionada a vários produtos de uma mesma entidade; ou de certificação, relacionada a determinadas normas ou especificações, dadas a produtos que estão em conformidade.

A indicação geográfica indica produtos “cuja qualidade ou características se devam exclusiva ou essencialmente, ao meio geográfico” (JUNGSMANN, 2010, p. 65). Pode ser o nome de país, cidade, região ou localidade do território que indique a procedência ao produto ou serviço. Podem requerer o registro “sindicatos, associações, institutos ou qualquer outra pessoa jurídica de representatividade coletiva, com efetivo interesse e estabelecida no respectivo território” (MUNIZ, 2013, p. 45).

Com relação aos programas de computador, a proteção é dada pela Lei nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, a Lei de Direito Autoral. Há também proteção por lei específica, a Lei nº 9.609, de 19 de

fevereiro de 1998, cabendo ressaltar que a proteção abrange “o conjunto organizado de instruções necessárias para o funcionamento de máquinas automáticas de tratamento da informação” (JUNGSMANN, 2010, p. 29), ou seja, procura-se proteger, em resumo, a criação do código-fonte.

Jungsmann (2010) afirma que a topografia de circuitos integrados envolve “interconexões, transistores e resistências dispostos em camadas de configuração tridimensional sobre uma peça de material semicondutor” (p. 72). É necessário que seja “original, no sentido de que resulte do esforço intelectual do seu criador ou criadores e que não seja comum ou vulgar para técnicos, especialistas ou fabricantes” (MUNIZ, 2013, p. 32).

Importante registrar, por fim, que todas as espécies acima mencionadas materializam o resultado do processo de pesquisa e desenvolvimento realizado no País, sendo que, atendidos aos elementos conceituais, poderão também caracterizar verdadeira inovação, movimentando a cadeia produtiva e gerando riqueza.

2.3 ASPECTO ECONÔMICO DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

Estudadas as questões iniciais, bem como as espécies diretamente relacionadas a este trabalho, deve-se ressaltar, de igual modo, que a Propriedade Industrial, ainda que não haja absoluto consenso, pode ser classificada como uma espécie de direito de propriedade.

Tratando-se de direito desta natureza, a Propriedade Industrial, além de conferir faculdades ao seu titular, terá por função garantir que o processo de pesquisa e desenvolvimento (P&D) seja financeiramente rentável, compensando o investimento realizado e trazendo benefícios ao criador do objeto desenvolvido.

Conforme relembra Mendes (2014, p. 69), o processo gerado pelas atividades de P&D que resultam em inovação “produzem externalidades positivas para toda a sociedade muito além daquilo que é demandado por esta”. Assim, os benefícios auferidos com a pesquisa e desenvolvimento vão além do que esperado pelo próprio pesquisador ou desenvolvedor, alcançando toda a comunidade em geral.

Desta situação particular (produção de externalidades positivas, entendidas como o conjunto de benefícios auferidos com a invenção) pode-se extrair a possibilidade de apropriação econômica desses mesmos benefícios alcançados com a criação, o que, conforme registrado anteriormente, também servirá como fator de realimentação da própria cadeia inventiva.

Além disso, a Propriedade Industrial, como ressalta Mendes (2014, p. 78), como verdadeira espécie de Propriedade Intelectual, desempenha importante função social, posto que “alinha interesses (incentivos) públicos (sociais) aos privados, ao possibilitar a internalização de parte das externalidades positivas geradas pelo processo de P&D”.

Entretanto, como também lembra Oliveira et al. (2015), os métodos de apropriação das externalidades positivas oriundas da inovação estão não só amarrados aos setores em que são aplicados, mas também às especificidades tecnológicas relativas a estes mesmos setores da economia, registrando, de igual modo, que dependem do comportamento estratégico adotado pelas empresas, que nem sempre optam por proteger suas criações por intermédio de mecanismos de proteção patentária.

Como consequência desta opção, verifica-se que nem sempre os benefícios auferidos com o produto da pesquisa e desenvolvimento são apropriados por intermédio do sistema de proteção por patentes, situação que deve também foi considerada por este estudo, vez que leva em consideração dados relativos à proteção patentária no País como parâmetro para aferir a efetividade dos investimentos realizados em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Independente da estratégia adotada, contudo, ressalta-se que existem diferentes mecanismos de apropriação das externalidades positivas produzidas, sendo a Propriedade Industrial importante instrumento para garantia do retorno financeiro necessário à recompensa do tempo e dedicação dispendidos pelo pesquisador ou desenvolvedor, assegurando maiores chances de auferir recompensa financeira pelo trabalho realizado e garantir a continuidade das pesquisas desenvolvidas.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Considerando a vinculação direta entre patentes e desenvolvimento tecnológico realizada por Carvalho (2017), citada no início deste trabalho, procurou-se avaliar a partir de informações oficiais disponibilizadas pelos órgãos públicos relacionados à questão (MCTI e INPI) se o volume de investimentos dispendidos com ciência e tecnologia no País (C&T) era, de fato, capaz de provocar o incremento no desenvolvimento tecnológico, refletido em eventual aumento do número de depósitos de patentes junto ao Instituto Nacional da Propriedade Intelectual, responsável pela proteção patentária no Brasil.

A pesquisa, não desconsiderou número de concessões realizadas, vez que este dependeria, além de fatores externos (relacionados à pesquisa e desenvolvimento em geral), de questões internas relacionadas à (in) existência de estrutura suficientemente eficiente para análise de todos os depósitos

realizados. Assim, tais dados poderiam não refletir o real estágio de desenvolvimento tecnológico do País, posto que poderiam estar contaminados por questões alheias à análise realizada neste estudo.

Em resumo, portanto, procurou-se estabelecer eventual relação entre a variação das estatísticas relacionadas à proteção patentária e o desenvolvimento tecnológico do País, a partir da análise do montante de recursos destinados à Ciência e Tecnologia Nacional.

Ressalta-se, deste modo, que esta pesquisa foi realizada com a utilização do método hipotético-dedutivo, abordagem exploratória e procedimento bibliográfico na coleta de dados.

4. ANÁLISE

Como ponto de partida, analisou-se os dados relativos aos dispêndios com ciência e tecnologia (C&T) no período compreendido entre 2000 e 2012, a despeito de o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação disponibilizar dados relativos à questão até o ano de 2014. Tal limitação se deu pela disponibilização dos dados relativos ao montante de depósitos de patentes no País pelo Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI), que possui dados consolidados até o ano de 2012, apenas.

Em que pese a restrição temporal, a análise pode ser considerada atual e atende ao propósito deste estudo, uma vez que fatores não econômicos recentes (como a alteração do Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação no País ocorrido em 2016) poderiam interferir de algum modo nos resultados alcançados.

A observação acima foi realizada porque, como se registra de maneira objetiva neste trabalho, o enfoque adotado restringe-se a analisar em que medida os investimentos em pesquisa e desenvolvimento influenciam o desenvolvimento tecnológico do país, sob o ponto de vista da geração de patentes, de modo a estabelecer relação de causa e efeito necessária à adoção de estratégias econômicas para o crescimento tecnológico da Nação.

Assim, limitou-se a analisar, inicialmente, aspectos tão somente econômicos (relação investimento x retorno em desenvolvimento), sendo que outras questões transversais igualmente importantes (evolução legislativa no período considerado, adoção de novas estratégias nacionais, dentre outras) foram apenas indicadas, uma vez que não são o foco da pesquisa e devem ser estudadas em um segundo momento, de modo a confirmar ou refutar as conclusões alcançadas, aprofundando a pesquisa realizada.

4.1 ANÁLISE DOS DISPÊNDIOS EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO PAÍS

Como ponto de partida, passou-se a analisar as informações relativas ao montante de recursos dispendidos em Ciência, Tecnologia e Inovação (C, T&I) no País. Os dados foram obtidos no sítio do Ministério da Ciência e Tecnologia e estão consolidados até o ano de 2014.

Deve-se ressaltar, inicialmente, que a expressão Ciência e Tecnologia (C&T), tal como definido pelo MCTI (2017), engloba a pesquisa e desenvolvimento (P&D) e atividades científicas e técnicas correlatas (ACTC). Assim, por possuir maior abrangência, optou-se por utilizar os dados constantes da tabela relativa ao “dispendio nacional em ciência e tecnologia (C&T), em valores correntes, por atividade”, entre os anos de 2000-2012, a despeito de estarem as informações disponibilizadas até o ano de 2014.

Conforme informado em oportunidade anterior, o Instituto Nacional da Propriedade Intelectual (INPI) possui dados consolidados até o ano de 2012, o que fez com que se restringisse a análise àquele ano, sem prejuízo do alcance da finalidade proposta pelo trabalho.

Os dados extraídos seguem na Figura 1, de modo a ilustrar a discussão a seguir travada.

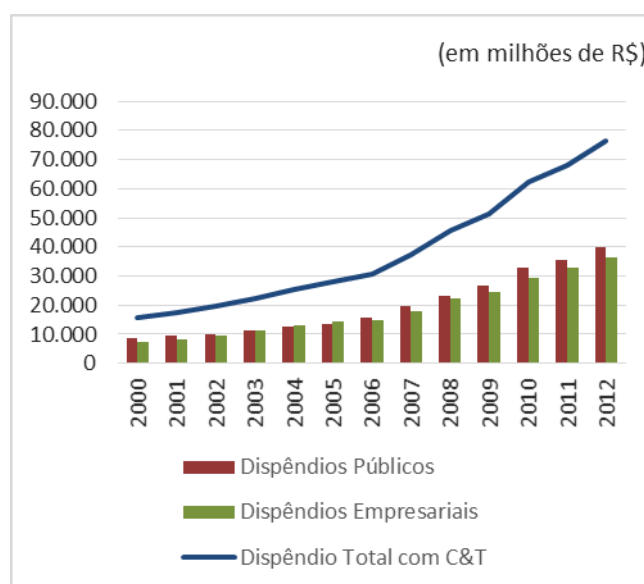


Figura 1. Dispendio nacional em C&T, 2000-2012. Fonte: MCTI (2017).

Da análise do gráfico constante na Figura 1, percebe-se que no ano 2000, quando as informações começaram a ser consolidadas, o País investiu pouco mais de 15.000,00 milhões de reais (15.839,1). Deste montante, pouco mais da metade foi dispendido pelo Poder Público. Os dispendios empresariais, apesar de significativos, não superaram os valores alcançados pelo Estado, como ocorreu na maior parte de todo o período considerado, como será visto.

Nos anos que se seguiram, os dispêndios totais com ciência e tecnologia apresentaram evolução constante, sendo que os dispêndios empresariais somente superaram os públicos entre os anos de 2003 e 2005.

Merece registro e observação mais atenta o fato de que a curva relativa ao montante de recursos dispendidos apresenta-se mais acentuada entre os anos de 2004, 2005 e, principalmente, a partir de 2006. Como se depreende da análise do gráfico apresentado na Figura 1, entre os anos de 2000 e 2002 os investimentos cresciam de forma relativamente constante, passando por saltos perceptivelmente, maiores a partir de 2003 quando os investimentos passaram da ordem de 22.278,8 milhões de reais em 2003, para 25.437,7 milhões de reais em 2004, 28.179,8 milhões de reais em 2005 até alcançarem 76.432,7 milhões de reais em 2012, representando um crescimento de 343% de 2003 a 2012. Apesar do foco do presente estudo estar na análise das questões quantitativas do período 2000 a 2012., é importante registrar, que esses dados fazem parte da crescente complexidade do ecossistema nacional de C,T&I cujos marcos essenciais os autores apresentam na Tabela 2

TABELA 2 Datas Relevantes Para a CT&I no Brasil

Ano	Evento	Descrição
1951	Criação do CNPq e da Capes	Proporcionaram a origem de muitas universidades e a expansão das funções acadêmicas das universidades existentes.
1963	Criação do FUNTEC no BNDES	Criado para apoiar financeiramente as empresas que visam o desenvolvimento tecnológico do País.
1967	Criação da FINEP	Visa incentivar a ciência, tecnologia e inovação em empresas, universidades, institutos tecnológicos e outras instituições públicas e privadas
1968	Reforma Universitária	Visava a ampliação instituições públicas, principalmente as universidades federais, para que pudessem focar em ensino e pesquisa.
1985	Criação do MCT	Instituído para coordenar o desenvolvimento científico e tecnológico do País.
2002	Projeto da Lei de Inovação	Considerado o primeiro passo para tornar a inovação um elemento de competitividade.
2004	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior	Focada no aumento da eficiência da capacidade de inovação do País e expansão das importações.
2004	Lei nº 10.973 (Lei da Inovação)	Incentivo à inovação e à pesquisa científica e tecnológica, com vistas à capacitação e ao alcance da autonomia tecnológica e desenvolvimento industrial do País.
2005	Lei nº 11.196 (Lei do Bem)	Incentivo às atividades de pesquisa e desenvolvimento, para que os bens e serviços tenham maior valor agregado.

20 11	Inclusão da palavra “Inovação” no MCT	O MCT teve a palavra “Inovação” incluída, com a publicação da MP nº 541, convertida na Lei nº 12.545 em 14 de dezembro de 2011
20 16	Lei nº 13.243 (Marco Regulatório de Ciência, Tecnologia e Inovação)	Visa a redução de flexibilização e desburocratização nos investimentos de P&D, promovendo uma importante reforma na legislação.

Fontes: Furno (2002), Jungmann (2010).

Percebe-se, deste modo, que entre os anos de 2002 (com a criação do projeto de Lei de Inovação que deu origem a Lei de Inovação de 2004) e 2005 (criação da Lei do Bem) houve forte evolução dos marcos legais no cenário de C,T&I no país, o que sugere que a evolução dos investimentos relatados pela pesquisa, possa ter relação direta com os novos marcos legais adotados.

. Retomando a análise dos dados dos dispendios nacionais em ciência e tecnologia, verifica-se que entre os anos 2000 e 2012 houve aumento de quase 500% (quinhentos por cento) no volume de recursos investidos, vez que no ano 2000 foram dispendidos 15.839,1 milhões de reais totais, ao passo que em 2012 o valor chegou aos 76.432,3 milhões de reais.

Os números, por si só, demonstram a importância dada pelo País ao tema, que mantém constante crescimento do volume de investimentos, seja por intermédio de dispendios públicos, seja por meios empresariais.

4.2 ANÁLISE DOS PEDIDOS DE PATENTES DEPOSITADOS

Após registrar que o INPI é o órgão responsável no País pela concessão de patentes de invenção e modelo de utilidade, a pesquisa passa a analisar os dados relativos aos pedidos depositados entre os anos 2000 e 2012, período em que os dados se encontravam consolidados.

De maneira ilustrativa, optou-se por apresentar as informações em gráfico similar ao anterior, inserido na Figura 2.

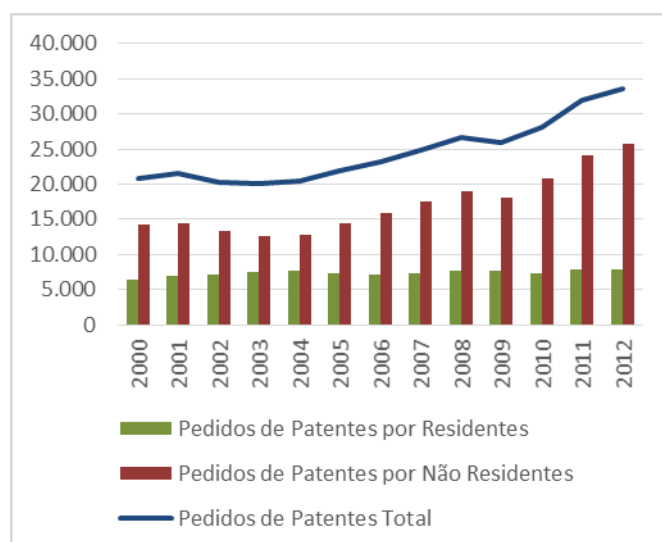


Figura 2. Pedidos de patentes depositados no INPI, 2000-2012. Fonte: INPI (2017).

Analisando os dados apresentados, percebe-se que apesar de pequena queda ocorrida entre os anos 2001 e 2003, bem como, entre os anos 2008 e 2009, os números relacionados aos pedidos de patentes apresentaram franca evolução.

Deste modo, passa-se de 20.854 pedidos de patentes no ano 2000 para 33.569 pedidos de patentes em 2012, um aumento de aproximadamente 60% (sessenta por cento).

Inicialmente, cabem aqui as mesmas observações relativas às mudanças do marco legal de ciência e tecnologia no País, posto que o primeiro período de queda coincide com os períodos em que foram realizadas as maiores modificações na regulamentação legal.

Para que se possa compreender melhor a questão, procurando inclusive apurar as possíveis razões para a segunda redução, anteriormente indicada no gráfico da Figura 2 relativas ao ano de 2009, optou-se por consolidar os dados até então comentados em uma tabela única (Tabela 3), que confronta, inclusive, o número de pedidos de patentes depositados com os dispendios totais em ciência e tecnologia realizados no País.

TABELA 3 Dados Agregados, 2000-2012

Ano	Pedidos de patentes (total)	Pedidos de patentes por residentes	Pedidos de patentes por não residentes	Pedidos com Origem não avaliada	Dispendio total com C&T (milhões de reais)	Dispendio público (milhões de reais)	Dispendios empresariais (milhões de reais)
2000	20.854	6.449	14.181	224	15.839,1	8.649,7	7.189,3
2001	21.555	6.969	14.494	92	17.655,6	9.553,1	8.102,6
2002	20.334	7.052	13.256	26	19.756,7	9.995,4	9.761,3

2003	20.176	7.564	12.605	7	22.278,8	11.098,2	11.180,5
2004	20.431	7.701	12.725	5	25.437,7	12.588,6	12.849,1
2005	21.852	7.346	14.470	36	28.179,8	13.597,4	14.582,4
2006	23.152	7.194	15.937	21	30.540,9	15.758,6	14.782,3
2007	24.840	7.326	17.496	18	37.468,2	19.770,9	17.697,3
2008	26.641	7.711	18.905	25	45.420,6	23.112,5	22.308,1
2009	25.885	7.709	18.144	32	51.398,4	26.900,0	24.498,4
2010	28.099	7.244	20.825	30	62.223,4	32.778,7	29.444,6
2011	31.881	7.797	24.055	29	68.155,0	35.340,7	32.814,4
2012	33.569	7.808	25.724	37	76.432,7	40.045,3	36.387,4

Fontes: MCTI (2017), INPI (2017).

Os dados agregados na Tabela 3 possibilitam análise, em conjunto, de três situações importantes.

Primeiro, que os pedidos de patentes depositados por residentes não apresentaram evolução significativa no decorrer do período, passando de 6.449 pedidos em 2000 para 7.808 em 2012, o que corresponderia a um acréscimo de aproximadamente 20% (vinte por cento) em 12 anos.

Por outro lado, o número de pedidos depositados por não residentes passou de 14.181 em 2000 para 25.724 em 2012, acréscimo de aproximadamente 80% (oitenta por cento) no mesmo período avaliado.

Tal situação permite concluir, em parte, que a responsabilidade pelo aumento do número de pedidos de patente depositados até 2012 pode ser atribuída aos não residentes, cujo percentual de aumento foi significativamente superior àquele vislumbrado quando comparado aos residentes.

Tal conclusão, por óbvio, reforça a segunda situação extraída da tabela acima inserida. Como verificado, a responsabilidade pelo aumento do número de depósitos pode ser atribuída aos não residentes; assim, os anos em que se percebe queda no número de pedidos de depósito está diretamente relacionada também a significativa redução do número de pedidos de depósitos por não residentes, o que ocorre, por exemplo, entre os anos de 2001 e 2004.

Com relação à redução do número de pedidos experimentada em 2009, verifica-se pelas informações trazidas por Carvalho (2015, p. 11) que “o Brasil é signatário do Tratado de Cooperação em Matéria de Patentes (*Patent Cooperation Treaty - PCT*) desde abril de 1978”. Ainda segundo o autor, o PCT é um tratado multilateral que permite que a proteção por meio de patente seja requerida de maneira simultânea em um grande número de países, por intermédio do depósito de um único pedido internacional de patente.

Pelo que informado por Carvalho (2015), “desde agosto de 2009, o INPI passou a operar como Autoridade Internacional de Busca e Autoridade Internacional de Exame Preliminar” (p. 11); assim,

pela evolução do gráfico relacionada ao número de pedidos por não residentes, acredita-se que a oscilação ocorrida naquele ano possa ter, de algum modo, relação com a mudança da sistemática adota pelo INPI.

Por fim, é possível concluir pela análise da Tabela 3 que a despeito dos dispêndios totais com ciência e tecnologia terem sido multiplicados por cinco (quase 500 por cento) em 12 anos (passando dos 15.839,1 milhões de reais em 2000 para 76.432,3 milhões de reais em 2012), os pedidos de patentes depositados por residentes no mesmo período não acompanharam, nem de perto, o mesmo ritmo de crescimento, com aumento tímido na ordem de 20% (vinte por cento), se comparados com os dados relativos aos montante de recursos investidos (dispêndios) naquele período.

A esse respeito, ainda, uma observação importante deve ser realizada. Como os dados relativos aos depósitos de residentes apresentam curva praticamente inexpressiva (partindo de 6.449 pedidos de patentes em 2000 para 7.808 pedidos de patentes em 2012), acredita-se que o aumento do volume de investimentos em ciência e tecnologia no período possa não ter surtido de maneira direta o efeito desejado, com o correspondente aumento do número total de pedidos de patentes, que no caso analisado foi alavancado por pedidos realizados por não residentes, que poderiam não ser diretamente influenciados por investimentos internos, mas sim internacionais.

5 CONCLUSÕES

Pelas informações apresentadas no decorrer deste trabalho, percebe-se, inicialmente, que o Brasil, assim como previsto em sua última estratégia nacional (ENCTI 2016-2019), tem intensificado os investimentos em Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (P,D & I) com o nítido propósito de superar os desafios e realizar as ações estratégicas previstas no documento (dentre elas, alcançar com maior agilidade investimentos na ordem de 2 por cento do Produto Interno Bruto).

Considerando, ainda, as prioridades para alocação de recursos (realizada de maneira setorializada, conforme estudado), verifica-se ter perseguido, com o mesmo afincamento, o propósito previsto, já que as Universidades vêm recebendo por parte do Governo a maior parte dos dispêndios em Pesquisa e Desenvolvimento (meta de triplicar o número de pesquisadores).

A despeito do esforço realizado e dos resultados alcançados, entretanto, percebe-se pela análise apresentada, que número de pedidos de patentes, considerado um dos principais fatores para análise do desenvolvimento tecnológico de um país, não acompanhou de maneira significativa o aumento dos dispêndios realizados. Essa situação demonstra extremo descompasso entre o percentual de aumento

nos investimentos e seu esperado retorno por meio de novos pedidos de patentes e, por consequência de inovação já que representa um indicador importante desse processo.).

Sobre tal descompasso, deve-se considerar, de maneira relevante, que ainda que se tenha elevado o número de pedidos, estes foram, em sua maior parte, realizados por não residentes. Por outro lado, o volume de pedidos de patentes depositados por residentes apresentou pequena elevação, considerada insignificante quando comparada não só ao percentual de aumento dos pedidos realizados por não residentes, mas também, em relação aos valores dispendidos no País para as atividades de C,T&I.

A questão, aliás, aponta para uma problemática que certamente precisa ser estudada com maior profundidade em trabalhos futuros. As causas do descompasso apresentado precisam, de fato, serem melhor estudadas e compreendidas, de modo que se possa adotar mecanismos de correção, para aproximar os indicadores do número de patentes com os investimentos nas atividades de C,T&I.. Acredita-se que com a adoção de estratégias e mecanismos corretos, o país enfrentar o desafio de criar um ambiente favorável à reversão do quadro incipiente de registros de patentes, aproximando-o dos indicadores que apontam para o crescimento constante de investimentos em C,T&I no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996 – Regula direitos e obrigações relativos à propriedade industrial. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 mai 1996. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9279.htm>. Acesso em : 15 jul. 2017

BRASIL. Lei nº 13.243, de 11 de janeiro de 2016 – Código de Ciência, Tecnologia e Inovação. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 12 jan. 2016. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/lei/l13243.htm>. Acesso em: 15 jul. 2017.

CARVALHO, C.P. Análise História e o Conceito de Propriedade Industrial em Relação ao Capitalismo. 2017. 21 f. Artigo de Conclusão de Curso (Graduação) - Curso de Direito, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juíz de Fora, 2017.

FURNO, M.L. A Lei do Bem como Política Pública Incentivadora de Pesquisa e Desenvolvimento para Inovação Tecnológica na Promoção de Desenvolvimento Econômico, e a Representatividade da Adesão pelas Regiões Brasileiras No Período de 2006 a 2012. 2015. 382 f. Tese (Doutorado) - Curso de Economia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/132992>>. Acesso em: 17 abr. 2016.

CARVALHO, S.P. ; JORGE, M.F; BARCELOS, V.I.; LOPES F.V.; PINHEIRO, V.L.S. Indicadores de Propriedade Industrial (2000-2012): O uso do sistema de Propriedade Industrial no Brasil. Rio de Janeiro: Instituto Nacional da Propriedade Industrial – INPI, 2015.

INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br/>>. Acesso em: 11 jul. 2017.

INPI – Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Diretrizes de exame de patente de modelo de utilidade. Rio de Janeiro: Inpi, 2012.

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Indicadores de Propriedade Industrial (2000-2012): o uso do sistema de Propriedade Industrial no Brasil. Rio de Janeiro: Inpi, 2015.

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial. Inventando o futuro: Uma Introdução às Patentes para as Pequenas e Médias Empresas. Rio de Janeiro: INPI, 2013.

JUNGMANN, D.M. Inovação e propriedade intelectual: guia para o docente. Brasília: Senai, 2010. 93 p.

MENDES, D. R.F. A Função Social da Propriedade Intelectual. 2014. 106 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Direito, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2014.

MCTI Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Disponível em: <<http://www.mcti.gov.br/>>. Acesso em: 11 jul. 2017.

MCDTI Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Estratégia Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação (ENCTI) 2016-2019. Disponível em:

<http://www.mcti.gov.br/documents/10179/1712401/Estrat%C3%A9gia+Nacional+de+Ci%C3%Aancia,%20Tecnologia+e+Inova%C3%A7%C3%A3o+2016-2019/0cfb61e1-1b84-4323-b136-8c3a5f2a4bb7>. Acesso em: 11 jul. 2017.

MUNIZ, R.M.R. et al (Ed.). Manual básico: Propriedade intelectual e transferência de tecnologia. Brasília: Centro de Apoio Ao Desenvolvimento Tecnológico, 2013. 129 p. Disponível em: <http://www.cdt.unb.br/vitrinetecnologica/arquivos/bibliotecavirtual/manuais_cdt/livro3_propriedade_intelectual_completo.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2017.

OCDE. Manual de Oslo – Diretrizes para Coleta e Interpretação de Dados sobre Inovação. 3ª Edição, Rio de Janeiro: ARTI/FINEP, 2005.

OLIVEIRA, M.A.C. de et al. Análise Econométrica dos Dispendios em Pesquisa & Desenvolvimento (P&D) no Brasil. Review of Administration and Innovation - Rai, [s.l.], v. 12, n. 3, p.268-286, 29 set. 2015. Universidade de Sao Paulo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBiUSP. <http://dx.doi.org/10.11606/rai.v12i3.101896>.

PARANAGUÁ, P.; REIS, R.. Patentes e Criações Industriais. Rio de Janeiro: Fgv, 2009. 150 p.

QUINTAL, R. S.; TERRA, B.R.C. Políticas organizacionais de ciência, tecnologia e inovação e gestão da propriedade industrial: uma análise comparativa em Instituições de Pesquisa. Gestão & Produção, [s.l.], v. 21, n. 4, p.760-780, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x1053/13>. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2014000400008&lng=pt&tlng=pt>. Acesso em: 19 jul. 2017.

VELHO, L. Conceitos de Ciência e a Política Científica, Tecnológica e de Inovação. Sociologias, [s.l.], v. 13, n. 26, p.128-153, 2011. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1517-45222011000100006>.

Capítulo 10



10.37423/230708028

DESENVOLVIMENTO DE LÍDERES NA FILOSOFIA LEAN: PESQUISA-AÇÃO NA ÁREA DE OPERAÇÕES PORTUÁRIAS

Leonardo Prado Conceição

Universidade de Araraquara – UNIARA

Matheus Dominguez Fernandes

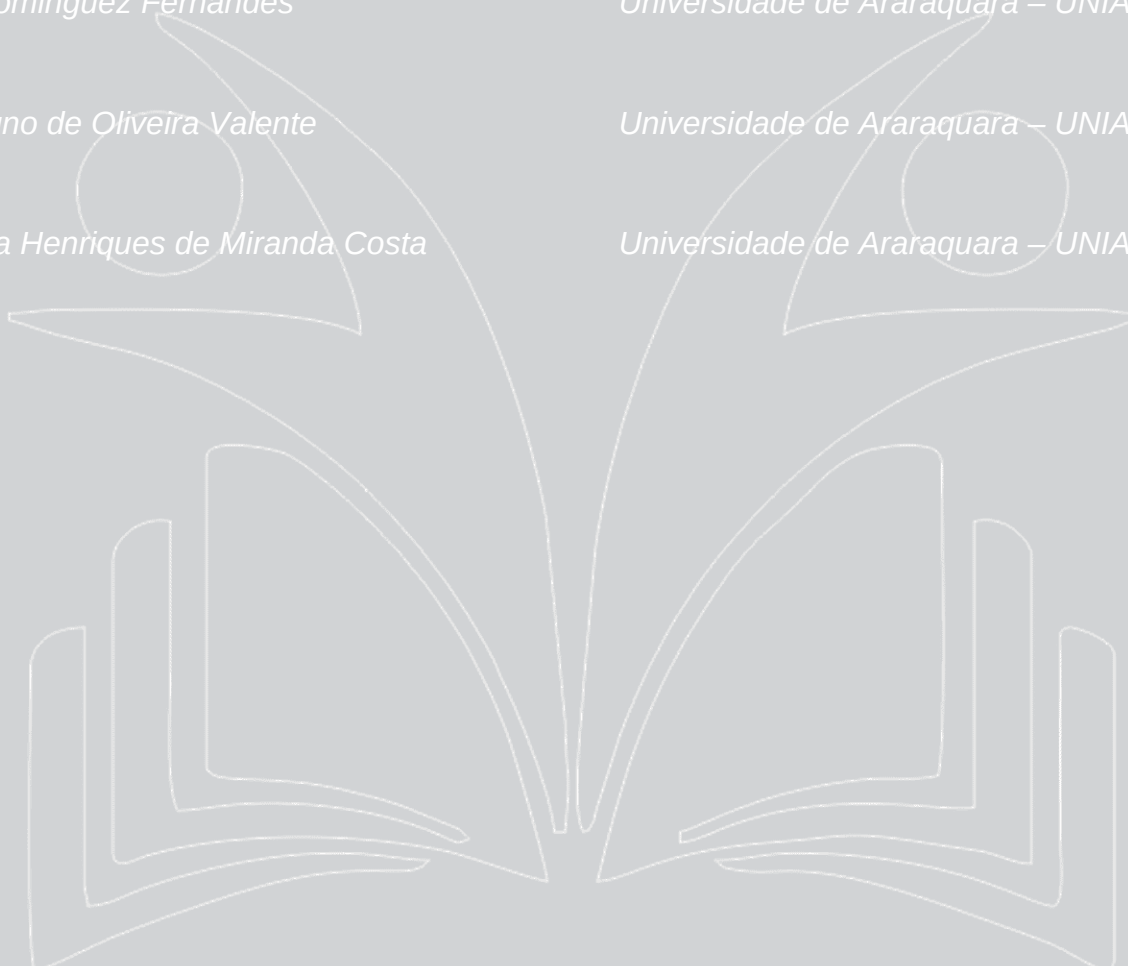
Universidade de Araraquara – UNIARA

Carlos Magno de Oliveira Valente

Universidade de Araraquara – UNIARA

Vera Mariza Henriques de Miranda Costa

Universidade de Araraquara – UNIARA



Resumo:No atual cenário de competitividade, as organizações estão à procura de melhorar a qualidade de seus serviços, produtos e processos, em especial, objetivando a busca de uma relação eficiente entre custo-benefício para maior desempenho e crescimento empresarial. Nesse sentido, percebe-se que muitas empresas vêm adotando programas de melhoria contínua em seus processos, como parte das práticas de qualidade e como uma forma de estimular o envolvimento dos funcionários com o aprimoramento permanente dos seus trabalhos. O objetivo geral deste artigo é apresentar as aplicações de um programa de aprendizagem, com foco no pensamento *lean*, em um grupo de líderes do setor de operações e manutenção, com o objetivo de garantir a implantação de projetos de melhoria contínua na gestão de operações de um terminal portuário. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, exploratória e com utilização da estratégia pesquisa-ação. Teve como resultado um programa de capacitação comportamental da liderança e técnica de gestão de projetos para sustentação e apoio à implementação da abordagem *lean* e observou-se, durante a pesquisa-ação, o grande desafio em conciliar a rotina operacional da equipe com a implementação dos princípios e ferramentas *lean*. Espera-se que esta experiência possa ser ampliada e utilizada em outros setores da empresa.

Palavras-chave: Treinamento. Produção Enxuta. Melhoria Contínua. Liderança

1. INTRODUÇÃO

A dúvida estabelecida sobre o significado de *lean manufacturing* originou várias abordagens sobre sua implementação no contexto produtivo das organizações. Porém, com o tempo, sua identidade real consolidou-se como uma abordagem gerencial capaz de identificar e eliminar os desperdícios do processo produtivo, deixando apenas os procedimentos que agregam valor aos produtos (ROTHER; SHOOK, 1998; STONE, 2012; BORTOLOTTI; BOSCARI; DANESE, 2015).

Contudo, eliminar os desperdícios em favor da geração de maior valor para o processo produtivo e, conseqüentemente, para o cliente, é uma das estratégias de mudança organizacional mais significativas (ALVES et al., 2017). Logo, implementar um programa de gestão ou melhoria emerge como uma das prioridades para os negócios e, para ser bem-sucedido, precisa estar relacionado ao desenvolvimento dos líderes responsáveis no processo (IMAI, 2011).

À vista disso, poucas são as iniciativas científicas que tratam liderança e a mudança que a implantação da filosofia *lean* causa no comportamento da organização. Grande parte dos artigos trata apenas da aplicação das ferramentas *lean*, das críticas de implantação e das consequências no processo fabril (BORTOLOTTI; BOSCARI; DANESE, 2014; ALVES et al., 2017).

Nesse contexto, a questão de pesquisa que se busca responder neste artigo é: de que forma as empresas têm desenvolvido a liderança e concebido a implementação da filosofia e ferramentas do *lean* em suas operações produtivas? Para responder a esta questão, teve-se como objetivo demonstrar como um programa de desenvolvimento educacional *lean* em um grupo de líderes pode impactar a gestão de operações de um terminal portuário.

A estratégia de pesquisa utilizada neste estudo foi a pesquisa-ação, pois houve a intervenção dos pesquisadores na orientação e prática das atividades. Para sua realização e apresentação de resultados foram pautados três critérios: 1) o treinamento técnico e comportamental dos envolvidos nas operações com foco na abordagem *lean*, (2) a construção de pré-projetos institucionais de diminuição dos desperdícios existentes nos processos de operação e manutenção, como resultado do programa educacional aplicado e 3) a implantação dos projetos na gestão de operação do porto pelo grupo de líderes treinados.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 PENSAMENTO *LEAN* E LIDERANÇA ORGANIZACIONAL

O sucesso ou fracasso da implantação *lean* nas organizações está em compreender sua ideologia e seu estilo de pensar e de decidir sobre o processo produtivo. Aplicar apenas suas ferramentas, sem a adesão de sua filosofia, limita a capacidade de reação e apresenta resultados temporários, sem considerar outras dimensões importantes da vida organizacional, como a gestão de pessoas. (STONE, 2012; TORTORELLA; FOGLIATTO, 2014; BORTOLOTTI; BOSCARI; DANESE, 2015).

O pensamento e a forma de gestão *lean* originam resultados de alta qualidade, quando aproveitados em outras áreas estratégicas, culminando em ações de compartilhamento de conhecimento em toda a organização, maior envolvimento dos trabalhadores, aumento na capacidade de identificação e resolução de problemas. Sendo assim, torna-se importante medir a capacidade da empresa em sustentar a implantação da mentalidade *lean* em seus processos (STONE, 2012; BORTOLOTTI; BOSCARI; DANESE, 2015; PADKIL; LONARD, 2015; TAHERIMASHHADI, M; RIBAS, 2017).

Resultados de estudos que tratam o comportamento da liderança e os processos *lean* revelam que diferentes tipos de personalidades instigam e acionam diferentes ferramentas do processo enxuto. Como exemplo dessa condição, a implantação de ferramentas como o Six Sigma (SS) ou de Gestão da Qualidade Total (TQM) dependem de uma liderança orientada à cooperação, ao compromisso, ao trabalho em equipe e ao desenvolvimento de relacionamentos contínuos com clientes e fornecedores, com objetivos definidos para a competitividade (ZU; ROBBINS; FREDENDALL, 2010).

Uma instrumento proveniente do SS, oportuno para líderes no acompanhamento de projetos de melhoria, é o DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), pois estabelece disciplina e utilização objetiva do pensamento estatístico (GEORGE, 2004). Por meio de sua utilização é possível reduzir as variações que geram defeitos pelo entendimento das necessidades dos clientes, gerando uma melhor visão por processos e o uso correto de medições e sustentação por uma estrutura de gerenciamento e condução de projetos (ANDRIETTA; MIGUEL, 2002).

Para Zu, Robbins e Fredendall (2010), as ferramentas sugeridas pela filosofia *lean* e outras abordagens de melhoria originam um caminho com resultado duplo para o ambiente organizacional: enquanto operacionalizam a produção e seus sistemas, o contínuo uso dos princípios da produção enxuta, SS ou TQM, pelos trabalhadores, altera o comportamento no trabalho, gerando, como consequência, importantes mudanças na forma de liderar as pessoas. (ZU; ROBBINS; FREDENDALL, 2010)

2.2 LIDERANÇA LEAN E PROCESSOS DE APRENDIZAGEM

Os processos educativos existentes no ambiente corporativo devem ser ferramentas substanciais na busca de uma melhor internalização de técnicas, uma vez que essas experiências de ensino-aprendizagem têm o intuito de desenvolver competências e habilidades específicas, de acordo com a necessidade da organização (ROBBINS, 2005; CHIAVENATO, 2010).

Em uma mudança operacional, desenvolver pessoas torna-se um processo necessário (ROBBINS, 2005) e, embora seja fundamental para implementação *lean* a frequente abertura para o novo conhecimento, “esquecer” alguns saberes e/ou práticas organizacionais também pode ser objetivo dos processos de aprendizagem do tema (TORTORELLA; FOGLIATTO, 2014).

À vista disso, a liderança age como uma força intangível, capaz de enfrentar qualquer situação e, em contexto de mudança e adaptação para uma cultura de melhoria, os líderes devem ser exemplos para as equipes de trabalho, ocupando-se da correta aplicação do conhecimento e das ações de trabalho, na integração das pessoas, motivando-as a superar qualquer obstáculo (ROBBINS, 2005; DOMBROWSKI; MIELKE, 2013).

A literatura revela algumas competências de liderança que melhor convergem na condução de processos *lean*. Como exemplo de competência a ser desenvolvida é citado o processo de comunicação, que deve ser constante entre a equipe de trabalho, principalmente no sentido de ouvir os apontamentos de todos os envolvidos, antes do líder estabelecer uma decisão no processo produtivo. Outras competências significativas referem-se: à capacidade de descentralização de ações e à aptidão em se relacionar e manter o bom clima no ambiente de produção (MATYUSZ, 2015).

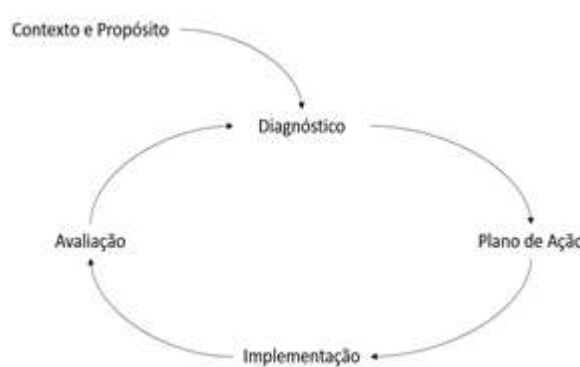
A partir desses resultados constata-se que, para o processo *lean*, líderes centralizadores ou autocráticos são eficazes por pouco tempo. Por outro lado, líderes mais abertos, que ouvem seus operadores e observam suas motivações, podem utilizar com maior adequação as ferramentas enxutas e prolongar seus efeitos no ambiente produtivo (MATYUSZ, 2015).

3 METODOLOGIA DE PESQUISA

Trata-se, nos termos de Martins (2010) e de Turrioni e Mello (2010; 2012) de uma pesquisa qualitativa, exploratória e transversal, com utilização da estratégia pesquisa-ação. Para Lindgren, Henfridsson e Schultze (2004) e Thiollent (2009) a pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica, na qual pesquisador e participantes atuam na solução de um problema real, gerando sínteses finais e experiências acumuladas que irão contribuir para um avanço no conhecimento particular.

Conforme Thiollent (2005), a pesquisa-ação requer a interação entre pesquisadores e demais envolvidos na investigação; tem por objetivo resolver ou esclarecer problemas identificados, resultando na priorização dos problemas e das soluções pesquisadas. Coghlan e Brannick (2014) dividem a pesquisa-ação em duas fases: a fase preliminar, composta pelo contexto e propósito, e a fase principal, que compreende os passos de diagnóstico, plano de ação, implementação e avaliação das ações conforme Figura 1:

Figura 1. Estruturação para condução da pesquisa-ação.



Fonte: Coghlan e Brannick (2014)

Um dos autores do artigo participou das ações de diagnóstico e gerenciou as demais fases, analisando-as do ponto de vista da teoria. Isto posto, a participação ativa na implementação das ações foi orientada no sentido de sugerir e sistematizar atividades relacionados à aprendizagem *lean* e fortalecer o atendimento aos requisitos do sistema de gestão da empresa.

O estudo foi desenvolvido em uma empresa brasileira de operações e serviços portuários de médio porte, integrante de um grupo corporativo internacional que projeta e entrega soluções logísticas na cidade de Santos, litoral do estado de São Paulo. A partir de 2016, foi iniciada a implementação de um programa de melhoria contínua, no qual a abordagem *lean* foi estabelecida como referência para sua condução. O aprendizado proposto neste artigo foi conduzido na área de operações portuárias, *core-business* do negócio da empresa em nível organizacional. A equipe de líderes treinados no processo foi formada por dez pessoas, distribuídas entre os setores de operações e de manutenção.

A investigação foi desenvolvida em duas fases: 1) fase preliminar, com contexto e propósito - conduzida através de três reuniões e focada na caracterização da operação da empresa e dos líderes; 2) fase principal, contendo as seguintes etapas: (a) diagnóstico das necessidades, (b) elaboração do plano de treinamento, (c) aplicação do treinamento direcionado e (d) avaliação do treinamento por meio da construção e aprovação de projetos de melhoria pela gerência.

À vista das principais técnicas de coleta - segundo Thiollent (2005) - utilizadas pela pesquisa ação: entrevistas coletivas, individuais e a utilização de questionários, a coleta de dados foi realizada por meio de entrevistas com os consultores contratados para a aplicação do treinamento, com o grupo de líderes treinados e, também, por acompanhamento da entrega e proposta de projetos institucionais na condução dos processos de melhoria. A técnica de coleta de dados que demonstrou maior riqueza de informação foi a aplicação de entrevistas, que ocorreu em todas as fases da pesquisa-ação. De forma natural, os líderes selecionados para o treinamento revelaram as principais dificuldades do processo, hipóteses e também sugestões para a melhoria. Essas informações foram necessárias para a adequada avaliação das ações e para fundamentar a avaliação qualitativa dos resultados das ações direcionadas.

4. RESULTADOS

Conforme o estabelecido na metodologia, a investigação foi desenvolvida em duas fases: preliminar e principal.

4.1 FASE PRELIMINAR

A fase preliminar consistiu em identificar na operação da empresa a necessidade e a importância da formação técnica/comportamental dos líderes que assumiriam o papel de impulsionadores de projetos de melhoria. Para isso, foram conduzidas três reuniões, com a participação de um dos pesquisadores.

Na primeira reunião, foi esclarecido, com a Gerência Geral, o objetivo do treinamento e o acompanhamento do processo de aprendizagem. Na reunião seguinte, a área de Recursos Humanos focou em apresentar um diagnóstico do estado atual das práticas de operação da empresa às consultorias contratadas, especializadas em treinamentos, e propor, conjuntamente, a montagem de um programa educacional para as equipes de líderes, com o intuito de criar uma sustentação do programa de melhoria contínua, já existente na empresa.

O último passo do diagnóstico foi realizar uma terceira reunião entre o pesquisador e o grupo de líderes da empresa participantes do treinamento, com os seguintes objetivos: apresentar o tema do estudo e alinhar as tarefas a serem realizadas. Como resultado destes encontros, uma estrutura de treinamento começou a ser estabelecida e desenhada.

4.2 FASE PRINCIPAL

4.2.1 ETAPA DE DIAGNÓSTICO DAS NECESSIDADES DE TREINAMENTO

Com a área de recursos humanos, buscou-se levantar as necessidades de treinamento, com o intuito de identificar o nível atual de competência, habilidades e conhecimentos existentes, especificamente nas pessoas que irão receber o programa educacional, a fim de encontrar as lacunas de aprendizagem e construir uma proposta de treinamento mais aderente ao negócio. Além deste levantamento, constatou-se, ainda, que o programa de treinamento deveria reforçar a internalização da missão, da visão e dos valores organizacionais. Nesse sentido, foram constatados os seguintes *gaps* ou direcionamentos para adequação do treinamento:

- a) Desenvolver conhecimentos em ferramentas e metodologia *lean*;
- b) Aperfeiçoar competência e habilidades de trabalho em equipe;
- c) Instruir em técnicas de gestão de projetos voltados à melhoria contínua.

4.2.2 ELABORAÇÃO DO PLANO DE TREINAMENTO

Após diagnosticar as necessidades de competências e habilidades a serem desenvolvidas com os líderes da empresa, o plano de treinamento começou a ser concebido. O maior desafio na concepção do plano foi identificar os métodos de desenvolvimento de competências mais adequados. Com esta preocupação e com base nos direcionamentos de temas levantadas na etapa anterior, a área de Recursos Humanos e as consultorias de treinamento contratadas pensaram em toda estrutura do processo de treinamento, desde as teorias e atividades práticas, o ambiente a ser realizado, até o material necessário para sua realização.

O plano de ação do treinamento foi desdobrado em duas soluções, conforme apresentadas a seguir:

1º - Aplicação do treinamento em dois módulos: (a) conteúdo teórico - filosofia *lean* e método DMAIC e; (b) conteúdo prático – técnicas e análise de soluções de problemas (simulação de cenários/dinâmicas);

2º - Avaliação do treinamento: implantação de 5 projetos de melhoria com foco na abordagem *lean*, definindo o tempo em ciclo de 6 meses. Os líderes foram divididos em 5 duplas.

Como método e didática para operacionalizar o treinamento, foram programadas a utilização de recursos audiovisuais (filmes e/ou séries), dinâmicas de grupo (simulações e/ou estudos de caso),

aulas expositivas e conceituais abrangendo o tema *lean* e a metodologia DMAIC. Foi definido, também, que o treinamento seria totalmente presencial, atuando com paradas estratégicas para organizar e implementar melhorias no desempenho dos profissionais.

4.2.3 IMPLEMENTAÇÃO DO TREINAMENTO DIRECIONADO

No primeiro módulo do treinamento foram adotadas técnicas expositivas, dialogadas e aplicação de dinâmicas e simulações práticas. Em um primeiro momento internalizaram-se conhecimentos sobre os principais conceitos do *lean* e metodologia DMAIC, discutindo suas aplicações em cruzamento com o planejamento estratégico da organização e com os cenários de atuação do negócio. Foi conceitualizado o programa VOC (*Voice of customer*) e sua importância, bem como a utilização de técnicas para definição e análise dos indicadores gerados pelo programa. Esta fase ocorreu em novembro de 2017 em quatro dias, com duração de 4 horas diárias.

No segundo módulo do processo de treinamento, o objetivo consistiu na aplicação de dinâmicas de grupo, simulando uma aplicação de soluções de problemas mais próximos da realidade da organização, aplicando os conhecimentos teóricos e as técnicas, trabalhados anteriormente. Nesta dinâmica, o objetivo foi aperfeiçoar a habilidade de trabalhar em equipe e compreender a sua importância. Essa atividade ocorreu em 2 dias, com duração de 6 horas diárias.

Como cenário da simulação foi atribuída ao treinamento a missão de preparar um coquetel com lanches saudáveis, dinâmica intitulada *Masterchef*. Foram fornecidos aos participantes do treinamento os requisitos dos clientes e apresentado um ambiente de problemas, como os que ocorrem nas operações da empresa, tais como: recursos financeiros limitados, problemas de rotina do dia a dia, conflitos intergrupos e intragrupos, ausência de informação, troca de hierarquia, passagens de turno e falhas de comunicação. Esta atividade permitiu aos líderes uma autoanálise sobre o seu comportamento, resultando na evolução da maturidade comportamental da liderança aplicada e maior autocontrole para a solução de problemas.

Na segunda etapa do plano de ação, os líderes foram orientados sobre técnicas de gestão de projetos e, para medir a eficácia do treinamento, os participantes foram submetidos a uma avaliação por intermédio da elaboração de projetos institucionais de melhoria, contendo: local do problema, indicador utilizado, responsável(eis) pela correção, cronograma de atividade e base de dados utilizada.

Para isso, o processo de carregamento para os navios foi o escolhido para aplicação dos projetos resultantes do treinamento. Cada dupla de líderes optou por um dos seis microprocessos de operações (conforme Figura 2) e estabeleceu a utilização da metodologia DMAIC para resolução de problemas e implementação de projetos de melhoria. A etapa 1 da metodologia (D) foi estabelecida, assim como o cronograma de entrega e apresentação dos projetos para a gerência operacional da empresa para 10 dias após o término do processo de treinamento.

Figura 2. Fluxo Operacional e seus microprocessos



Fonte: Os autores

Na etapa de MEDIÇÃO e ANÁLISE no método DMAIC, cada equipe analisou a base de dados das operações e levantou as causas potenciais, importantes e prioritárias que geram maior impacto no resultado em seus microprocessos. Estes procedimentos ocorreram após o treinamento, em dezembro de 2017, que resultou em uma avaliação qualitativa das causas que afetam o processo de forma significativa e geram variabilidade no resultado de interesse.

A fase MELHORIA no método DMAIC, desenvolvidas e acompanhadas em janeiro e fevereiro de 2018, priorizou os testes e a execução das soluções dos problemas e, com base nos diagnósticos levantados na fase de ANÁLISE, chegou-se ao momento de desenvolver mudanças com base nesses aprendizados.

É importante destacar que os grupos escolheram algumas ferramentas para execução desta etapa, dentre as quais destacaram-se: (a) Plano de ação (5W2H) que serviu como um meio de desdobramento das ações de melhoria nos dados mais tangíveis; (b) Matriz de priorização, que ajudou na classificação de criticidade dos recursos levantados com base no valor, impacto positivo sobre a causa e facilidade de implementação e, por fim, (c) o diagrama de árvore que foi um instrumento utilizado para mapear os percursos para buscar um objetivo global e exercer as ações de melhoria. Cada dupla de líderes

aplicou seus projetos definindo sua área de concentração de melhoria, conforme descrito na Tabela 1.

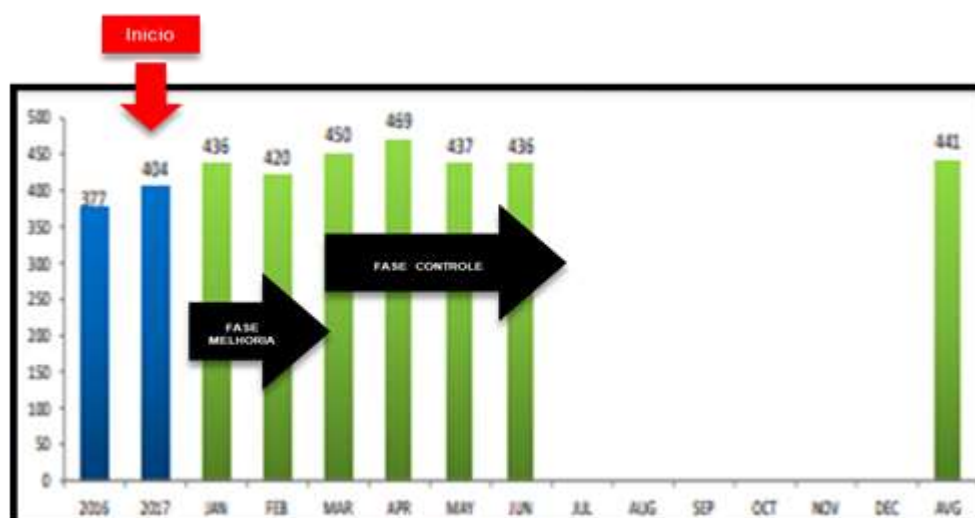
Tabela 1. Melhorias Implementadas pelas equipes de liderança

Grupo	Descrição do Micro Processo	Problemática	Tipo de Melhoria	Solução Implantada
D1	Carregamento de Carretas (Transport)	Espera demasiada na colocação de carga sobre a carreta	Carregamento e deslocamento mais rápido da ponte rolante do armazém	Novo fluxo de carretas e incremento de lubrificação semanal nos spreaders.
D2	Sequenciamento de cargas (Handling out)	Programação diferente entre o navio e o armazém gerando esperas.	Padronização de formulários	Unificação dos documentos e simplificação do sequenciamento
D3	Estivagem de carga a bordo (Stowage)	Perdas com ajustes de estivagem de carga a bordo	Melhoria do design da estivagem	Redistribuição das camadas e redução de lingadas invertidas
D4	Tonelada média por lingada (shipment)	Capacidade ociosa dos equipamentos de içamento	Maximização da tonelada carregada por lingada	Novo planejamento de carregamento com os armadores
D5	Set-up com troca de GLP (Loading)	Término do gás do botijão durante a operação	Simplificação semiautomática	Instalação nas máquinas do conversor Y com manômetro

Fonte: Os autores

Com as implementações aplicadas, foi validada a passagem para a última etapa: o CONTROLE. Nesta fase, com duração de 4 meses (março a junho de 2018) torna-se oportuno acompanhar o desempenho dos projetos de melhoria resultantes do processo de treinamento, a fim de assegurar que os ganhos de produtividade se mantenham e que seja garantida a qualidade do serviço. Nesse sentido, nota-se, com base no indicador principal do processo de carregamento, que os resultados evoluíram a partir de janeiro de 2018 mantendo-se sob controle os valores referentes à produtividade dos navios, conforme observado na Figura 3.

Figura 3. Produtividade dos navios (Resultados mantidos pós projetos - tonelada/hora)



Fonte: Os autores

4.2.3 AVALIAÇÃO DO TREINAMENTO

Pode se observar que os resultados demonstrados na Figura 3 refletiram-se bem nos indicadores da empresa. Portanto, as implementações práticas (tratadas neste estudo como projetos de melhoria) baseadas em princípios de *lean*, simplificação de processos e eliminação de desperdícios mostraram-se efetivas nos aspectos de aumento de *performance* operacional. Contudo, os impactos nas pessoas foram os mais significativos. A condução dos projetos, seguindo a metodologia DMAIC, demonstrou maior objetividade e clareza no sentido de estruturar mudanças, conduzir e realizar trabalhos em equipe.

No desenvolvimento deste treinamento *lean*, a simulação desenvolvida como atividade prática trabalhou o processo de comunicação, fundamento principal para o trabalho em equipe e resultou em melhor preparação pré-campo antes da aplicação dos projetos de melhoria na empresa. Este ponto foi importante no resultado geral, pois a experiência gerada na atividade contribuiu para a construção de um novo conhecimento, forçando os envolvidos no treinamento a esquecerem saberes e/ou práticas organizacionais que impediam o progresso.

Com relação ao desenvolvimento dos projetos em campo, percebeu-se nos líderes maior posicionamento de sua liderança, por meio da correta aplicação das ações de trabalho e na integração das pessoas, tornando-se referência e exemplo para seus liderados.

Em contrapartida, houve disfunções em algumas variáveis na condução dos projetos, tais como: (a) atraso do cronograma de apresentação e início dos projetos após o treinamento; (b) não dedicação de tempo na elaboração do planejamento inicial dos projetos, o que provocou, a princípio, uma medição de resultado bem superficial, sem a consistência adequada nas análises e conclusões; e (c) alguns grupos não observaram bem a sequência das atividades dos processos selecionados para a melhoria e apresentaram inconsistência nas suas diferentes etapas, com hiatos de raciocínio. Neste ponto, para garantir a disciplina durante o desenvolvimento do projeto, foram estabelecidos eventos internos para reunir a equipe de líderes e empresa para desenvolver o projeto de forma conjunta, estimulando a continuidade e as correções oportunas.

Para tanto, mesmo com os desvios registrados na condução dos projetos, o treinamento agregou relevante valor às atividades do dia a dia dos líderes, estimulando-os a descentralizarem suas decisões e motivando as equipes a participarem das propostas de reengenharia das ações de insucesso.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu constatar que o processo de instrução de líderes com foco na filosofia *lean* necessita de uma integração em toda a cadeia organizacional, principalmente com a alta gerência, no sentido de estar comprometida e ter confiança no que está sendo desenvolvido com seu capital humano.

Ferramentas e estratégias de aprendizagem, corretamente operadas, em um contexto controlado, conhecido e aberto à educação, estimulam a motivação interna ao trabalho e o compartilhamento contínuo do conhecimento, desenvolvido pelos líderes, uma vez que os envolvidos passam a perceber a riqueza que as competências internalizadas são capazes de produzir no ambiente profissional, em suas equipes e resultados (BUKOWITZ; WILLIAMS, 2002).

Quanto mais conhecimento, com foco e objetividade, é difundido no ambiente organizacional, a construção e implantação de projetos, a formulação de estratégias de ações de melhoria em processos e o alcance de metas se tornam mais ágeis, espontâneos e imediatos (AKTÜRK; KURT, 2016) Dessa forma, são geradas no líder segurança e credibilidade na capacidade da escolha nas correções necessárias e maior reflexão sobre os problemas dos processos *lean*.

Os projetos estabelecidos, como resultado do processo de aprendizagem, foram totalmente integrados e os resultados na prática mostraram uma evolução significativa nos indicadores. Identificou-se, também, uma melhora nas percepções sobre a liderança na empresa, em especial na condução, envolvimento e participação das equipes gerenciadas.

Para tanto, observou-se a figura importante que o líder representa para os bons resultados do negócio, por gerir equipes na empresa e direcionar adequadamente o conhecimento e as ações práticas da organização, agindo ainda como mentor e incentivador de seus liderados.

REFERÊNCIAS

- ANDRIETTA, J. M.; MIGUEL, P. A. C. A Importância do método seis sigma na gestão da qualidade analisada sob uma abordagem teórica. *Rev. Ciênc. Tecnol.*, v. 11, n. 20, p. 91-98, jul./dez. 2002.
- Aktürk, B. K.; KURT, M. An empirical study of the relationship between knowledge management practices and strategy formulation capabilities. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, v. 235, p. 739-745, november/2016.
- ALVES, A. C.; SIGAHI, T. F. A. C.; SOARES, J. M. M.; SALTORATO, P. Da aceitação à rejeição: percepções dos níveis operacional e tático pós-adoção do lean manufacturing. *Revista Gestão Industrial*, Ponta Grossa, v. 13, n. 3, p. 185-212, set./nov. 2017.
- BORTOLOTTI, T.; BOSCARI, S.; DANESE, P. Successful lean implementation: Organizational culture and soft lean practices. *International Journal of Production Economics*, [vol. 160](#), February 2015, p. 182-201.
- BUKOWITZ, W. R.; WILLIAMS, R. L. *Manual de gestão do conhecimento*. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- CHIAVENATO, I. *Gestão de Pessoas: o novo papel dos Recursos Humanos nas organizações* - 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.
- COGHLAN, D.; BRANNICK, T. *Doing action research in your own organization*. 4. ed. Los Angeles: Sage, 2014.
- DOMBROWSKI, U., MIELKE T. Lean Leadership - fundamental principles and their application. In: *Procedia CIRP - 46th CIRP Conference on Manufacturing Systems*, Setúbal, Portugal, 2013, p. 569-574.
- GEORGE, M. L. *Lean Seis Sigma para Serviços: Como Utilizar Velocidade Lean e Qualidade Seis Sigma para Melhorar Serviços e Transações*. Rio de Janeiro. Qualitymark, 2004.
- IMAI, M. *Kaizen: A Estratégia para o Sucesso Competitivo*. São Paulo: IMAM, 7 ed., 2011.
- LINDGREN, R.; HENFRIDSSON, O.; SCHULTZE, U. Design Principles for Competence Management Systems: a Synthesis of an Action Research Study. *MIS Quarterly*, v.28, n.3, Sept. 2004.
- MARTINS, R. A. Abordagens Quantitativa e Qualitativa. In MIGUEL, P. A. C (Org.) *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, p. 45-61.
- MATYUSZ, A. G. D. L. Z. Lean production and leadership attributes – the case of Hungarian production managers. *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 26, iss 4, 2015, p. 477-500.
- PAKDIL, F.; LEONARD, K. M. The effect of organizational culture on implementing and sustaining lean processes. *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 26, Iss 5, 2015, p. 725-743.
- ROBBINS, S. P. *Comportamento Organizacional* - 11 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. *Learning to see: Value stream mapping to add value and eliminate muda*. The Lean Enterprise Institute, Brookline, MA. 1998.

STONE, K. B. Four decades of lean: a systematic literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*. Vol. 3, nº 2, 2012, pp. 112-132.

TAHERIMASHHADI, M; RIBAS, I. A Model to Align Organizational Culture to Lean Culture. *Journal of Industrial Engineering and Management - JIEM*, 11(2): 207-221, 2018.

THIOLLENT, M. *Pesquisa-Ação nas Organizações*. São Paulo: Atlas, 1997.

TORTORELLA, G. L.; FOGLIATTO, F. S. Method for assessing human resources management practices and organizational learning factors in a company under lean manufacturing implementation. *International Journal of Production Research*, vol. 52, nº 15, 2014, p. 4623–4645.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção: Estratégias, métodos e técnicas para condução de pesquisas quantitativas e qualitativas*. Itajubá: UNIFEI, 2012.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. Pesquisa-ação na Engenharia de Produção. In MIGUEL, P. A. C. (Org). *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010, p. 145-163.

ZU, X., ROBBINS, T. L.; FREDENDALL, L.D. Mapping the critical links between organizational culture and TQM/Six Sigma practices. *International Journal of Production Economics*, vol. 123, nº 1, 2010, pp. 86-106.

Capítulo 11



10.37423/230708040

IMERSÃO DIGITAL DA ENGENHARIA AGRÍCOLA: ROMPENDO AS FRONTEIRAS DO METAVERSO

Rodrigo Couto Santos

Universidade Federal da Grande Dourados
(UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias
(FCA), Dourados/MS

Lucas Alves Lima de Mendonça

Universidade Federal da Grande Dourados
(UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias
(FCA)

Luciano Oliveira Geisenhoff

Universidade Federal da Grande Dourados
(UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias
(FCA)

Carlos Alberto Chuba Machado

Universidade Federal da Grande Dourados
(UFGD), Faculdade de Engenharia (FAEN)

Edlaine Aparecida Siqueira da Silva

Universidade Federal da Grande Dourados
(UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias
(FCA)

Claudeir de Souza Santana

Instituto Federal de Mato Grosso do Sul
(IFMS)

Gustavo de Araujo Mota

Universidade Federal da Grande Dourados
(UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias
(FCA)

Jónison Almeida dos Santos

Universidade Federal da Grande Dourados
(UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias
(FCA)

Maria Madalena Avila Jardim de Carvalho

Universidade Federal da Grande Dourados
(UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias
(FCA)

Andrea Maria de Araújo Gabriel

Universidade Federal da Grande Dourados
(UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias
(FCA)

Resumo: O metaverso permite simular ambientes, máquinas e sistemas complexos, possibilitando que estudantes testem múltiplas configurações conhecimentos virtualmente, antes de implementá-los no mundo real, desenvolvendo soluções otimizadas. Este capítulo aborda aplicações do metaverso no contexto da Engenharia Agrícola, relatando um estudo de caso de construção de ambientes virtuais educacionais realizado na Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). O estudo de caso consistiu em um Projeto de Ensino de Graduação (PEG) que mapeou espaços de dois laboratórios do curso de Engenharia Agrícola utilizando câmeras de celulares e softwares para composição de imagens em 360°. Dessa forma, foram criadas simulações 3D exploráveis online desses ambientes reais, permitindo que os usuários navegassem virtualmente e obtivessem noção espacial dos ambientes. O projeto comprovou o elevado potencial do metaverso para expandir o aprendizado prático de forma imersiva, sugerindo que podem ser abordadas situações e equipamentos complexos mantendo o ambiente seguro e controlado da realidade virtual destinado à educação. Porém, desafios técnicos relacionados à captura de detalhes, processamento gráfico e replicação fidedigna dos espaços foram evidenciados. O estudo de caso serviu de experiência pioneira para estimular o uso criativo de tecnologias de virtualização a favor da qualificação profissional em Engenharia Agrícola e áreas afins.

Palavras-chave: Ciências Agrárias, Ensino remoto, Realidade virtual, Simulação 3D.

1. INTRODUÇÃO

O surgimento de novas tecnologias digitais tem impulsionado uma verdadeira revolução no setor agrícola nas últimas décadas, abrindo caminho para práticas mais sustentáveis e eficientes. Entre as inovações que estão transformando a agricultura, o metaverso se destaca por seu grande potencial de criar ambientes virtuais imersivos e realistas.

O metaverso consiste em espaços virtuais compartilhados, nos quais os usuários podem explorar, interagir e colaborar por meio de avatares. Ele expande os limites da realidade física, permitindo a simulação de cenários complexos e o acesso remoto a experiências antes inacessíveis (SUN *et al.*, 2022).

No contexto da engenharia agrícola, o metaverso possibilita a reprodução digital detalhada de propriedades rurais, fazendas e sistemas de cultivo. Os engenheiros podem projetar e testar diferentes configurações produtivas, identificando gargalos e aprimorando os processos antes mesmo de implementá-los no mundo real.

Além disso, Hua *et al.* (2023) afirmam que o metaverso tem sido aplicado no ensino de engenharia agrícola, propiciando aprendizado imersivo por meio de simulações realistas e seguras de situações complexas, como operação de maquinário, projeto de instalações e análise de dados de cultivo.

A integração do metaverso com tecnologias como inteligência artificial, internet das coisas e agricultura de precisão amplifica seu potencial de apoiar uma agricultura sustentável e tecnológica. Segundo Yaqot *et al.* (2021) a capacidade de coletar e processar grandes volumes de dados sobre as condições de cultivo em tempo real permite tomadas de decisão assertivas e ajustes precisos nos processos.

Embora o metaverso represente um avanço promissor, sua implementação enfrenta desafios como os altos investimentos em infraestrutura e a necessidade de capacitação técnica dos usuários. Além disso, questões éticas relacionadas à privacidade e acessibilidade dos dados dos usuários precisam ser adequadamente abordadas (ANSHARI *et al.*, 2022).

Neste capítulo, realizou-se uma revisão abrangente sobre o metaverso, seu conceito, evolução histórica e aplicações atuais na engenharia agrícola. Além disso, foi apresentado um estudo de caso de construção de metaverso no Projeto de Ensino de Graduação da Universidade Federal da Grande Dourados, explorando esse uso inovador e seus benefícios para o ensino.

O objetivo foi proporcionar uma visão ampla sobre o potencial do metaverso em apoiar a transição para uma agricultura digital, sustentável e de precisão, destacando oportunidades e desafios dessa tecnologia emergente desde a qualificação da mão de obra em nível de formação no curso de Engenharia Agrícola.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. FUNDAMENTOS E HISTÓRICO DO METAVERSO

O metaverso tem raízes conceituais que precedem em décadas seu surgimento mais concreto. Entre as influências seminais, destaca-se o livro "Snow Crash" (1992), no qual Neal Stephenson cunhou o termo e descreveu um mundo virtual compartilhado acessado por avatares (BOCCHESE, 2022). Ao longo dos anos 1980, pesquisas em realidade virtual já antecipavam a noção de ambientes digitais imersivos, focando as bases tecnológicas para experiências semelhantes (SLATER; SANCHEZ-VIVES, 2016).

Um marco histórico foi o lançamento do Second Life em 2003, plataforma online pioneira que permitia interações sociais, econômicas e criativas entre usuários em um ambiente virtual expandido. Embora outras iniciativas nesta linha já existissem, o Second Life alcançou maior adesão, impulsionando o interesse no conceito (DUAN *et al.*, 2021).

Nos anos 2010, o aperfeiçoamento da realidade virtual, capacidade gráfica computacional e conectividade de internet possibilitou experiências mais imersivas e complexas, aproximando-se da visão original de metaverso. A pandemia de Covid-19 também aumentou o interesse por interações digitais (RAMADAN, 2023).

Recentemente, Jung e Jeon (2022) afirmaram que fatores como a explosão das criptomoedas e o interesse de grandes empresas como Facebook e Microsoft tem direcionado investimentos substanciais ao desenvolvimento de metaversos. Espera-se que hardwares e softwares mais avançados tornem essas experiências imersivas cada vez mais realistas.

Algumas aplicações atuais, como os jogos Roblox e Fortnite, são vistas como versões limitadas do potencial total do metaverso. À medida que a tecnologia amadurece, novos usos e melhorias são esperados, incluindo aplicações transformadoras em educação, trabalho e entretenimento (ALAM; MOHANTY, 2022).

A transição em curso para a Indústria 5.0, na qual humanos e máquinas inteligentes colaboram em ambiente digitais, também está intrinsicamente ligada às expectativas em torno do metaverso como uma revolução interativa e hiperconectada ((AHELEROFF *et al.*, 2022).

Assim, embora seus fundamentos remontem a décadas atrás, o metaverso tem passado por constantes evoluções tecnológicas e concentrado atenções e investimentos crescentes nos últimos anos, à medida que se tornou mais viável e suas aplicações se multiplicam. Tudo indica que seu potencial de transformação social e econômica está apenas começando a ser desbravado.

2.2. REALIDADE VIRTUAL, REALIDADE AUMENTADA E METAVERSO: CONCEITOS E DEFINIÇÕES

Segundo (SILVA (2022) a realidade virtual (RV) consiste na imersão do usuário em ambientes tridimensionais gerados por computador, nos quais pode interagir e se sentir presente por meio de dispositivos especiais como óculos de RV, luvas sensoriais e fones de ouvido. A RV isola completamente os sentidos do usuário do mundo real e permite que ele se sinta transportado para o ambiente simulado, o qual responde em tempo real às suas ações, gestos e movimentos, aumentando o senso de presença do usuário no cenário imersivo.

Já a realidade aumentada (RA) refere-se à sobreposição de elementos virtuais, como imagens, vídeos, sons e texto gerados por computador, ao mundo real. Por exemplo, pelo smartphone é possível visualizar informações virtuais sobrepondo um ambiente real. Também são possíveis interações básicas entre os elementos virtuais e reais, como clicar em um botão virtual para ligar uma lâmpada real. A RA expande a percepção do ambiente físico por meio da integração com conteúdos digitais, ao invés de isolar o usuário da realidade (ALTHEWAYNEE *et al.*, 2022).

O metaverso, por sua vez, consiste em expansivos ambientes virtuais compartilhados, persistentes e interconectados, nos quais os usuários podem explorar, socializar, jogar, trabalhar e realizar diversas atividades por meio de representações digitais chamadas avatares. Ele amplia os limites físicos da realidade ao integrar múltiplos espaços virtuais 3D que replicam ou aprimoram experiências do mundo real, possibilitando interações sociais e colaborativas em uma escala global (GUPTA *et al.*, 2023).

Enquanto a RV manipula individualmente a percepção do usuário, isolando-o do mundo real, Belk (2023) afirma que o metaverso provê ambientes sociais, nos quais grupos de pessoas podem interagir simultaneamente de diferentes locais. Além disso, o metaverso amplia a RV em seu caráter persistente, não se limitando a experiências passageiras, e possibilitando a imersão completa em mundos virtuais realistas, não apenas sobreposição limitada de conteúdos digitais.

O metaverso integra diversas tecnologias avançadas para viabilizar experiências imersivas, seguras e conectadas. Entre essas tecnologias, incluem-se a realidade virtual, realidade aumentada, internet das coisas, computação em nuvem, blockchain, sistemas ciber-físicos, conexões sem fio de alta velocidade, interfaces cérebro-computador e tecnologias vestíveis (LI *et al.*, 2023).

A realidade virtual, especificamente, constitui uma base fundamental para possibilitar experiências realmente imersivas no metaverso, por meio do uso de headsets de RV, sensores corporais e ambientes modelados em 3D fotorrealistas. Já a realidade aumentada contribui para uma integração fluida entre os espaços virtuais e elementos do mundo real (ISLAM *et al.*, 2023).

Interfaces cérebro-computador, tecnologias vestíveis de realidade virtual/aumentada e biometria constituirão a próxima fronteira para expandir as formas de interação humano-computador no metaverso. Segundo Bibri (2023) elas permitirão experiências ainda mais imersivas, intuitivas e hiper-realistas. A inteligência artificial e a web semântica também devem elevar o nível de "vida digital" no metaverso.

Portanto, o metaverso representa a convergência e expansão de tecnologias de virtualização, conectividade, experiência imersiva e interação social em larga escala, possibilitando a criação de um ecossistema digital vivo, dinâmico e interoperável globalmente. Seu contínuo desenvolvimento dependerá de avanços multidisciplinares iniciados nas pesquisas básicas.

A Tabela 1 apresenta de maneira compacta os conceitos e definições relacionado ao Metaverso, Realidade Virtual e Realidade Aumentada.

Tabela 1. Apresentação de conceitos e definições, metaverso, realidade virtual e realidade aumentada.

	Realidade Virtual	Realidade Aumentada	Metaverso
Definição Básica	Ambiente digital e imersivo	Sobreposição de elementos virtuais ao mundo real	Ambiente virtual expansivo que pode unir RV e RA e ser compartilhado
Interação	Interatividade total com o ambiente virtual	Interação com objetos virtuais sobrepostos ao mundo real	Exploração imersiva e colaboração em espaços compartilhados
Escala	Ambiente virtual limitado e delimitado	Interação localizada com objetos virtuais no campo de visão	Ambiente virtual amplo e expansivo
Colaboração	Possível, mas limitada pela	Possível, mas limitada pela	Colaboração em tempo real e interação com outros usuários

	delimitação do ambiente virtual	delimitação do campo de visão	
Potencialidades	Simulações, treinamentos, experiências imersivas, coleta de dados para análise.	Informações contextuais enriquecidas para auxiliar nas atividades específicas.	Planejamento de layout, simulações de produção, colaboração remota, coleta de dados para análise, treinamentos.

2.3. APLICAÇÕES DO METAVERSO NA CAPACITAÇÃO DE FUTUROS ENGENHEIROS

O metaverso vem sendo crescentemente explorado como ferramenta de capacitação imersiva em cursos de engenharia, permitindo que estudantes vivenciem situações e ambientes realistas de forma segura e controlada. Por meio de simulações 3D e uso de realidade virtual, o metaverso expõe os alunos a experiências práticas que complementam o aprendizado teórico (LEE *et al.*, 2022).

Na engenharia agrícola, especificamente, o metaverso facilita a reprodução virtual detalhada de sistemas de cultivo, máquinas agrícolas, instalações rurais e propriedades inteiras. Isso capacita os futuros engenheiros a projetar e testar diferentes configurações antes da implementação no mundo real, identificando gargalos e aprimorando processos (BOCCHESE, 2022).

Por exemplo, os alunos podem explorar as complexas interações existentes entre tipologia de construções rurais, ambiência e os espaços das propriedades. Ou então investigar como variáveis climáticas e sistemas de irrigação afetam o desenvolvimento das culturas em uma plantação virtual antes que extremos climáticos possam condenar produções reais.

Outra aplicação relevante é o treinamento virtual para operação especializada e manutenção de maquinário agrícola. Em ambiente simulado, os estudantes podem praticar procedimentos sem risco real, ou manusear equipamentos muitas vezes não disponíveis na Universidade, desenvolvendo habilidades técnicas antes de partirem para a realidade do campo.

Além de proporcionar experiências práticas em condições controladas, o metaverso expande o acesso a recursos que muitas vezes são limitados para os alunos, como equipamentos de alto custo, propriedades rurais não disponíveis próximas da Universidade e até fenômenos climáticos severos no tempo do treinamento. Tudo pode ser simulado virtualmente e repetido até a elevada capacitação da mão de obra.

A perspectiva em primeira pessoa também aumenta o engajamento e interesse dos estudantes pelo conteúdo. As simulações no metaverso despertam mais curiosidade e proatividade para exploração prática quando comparadas a aulas somente expositivas (YÜZÜAK; YİĞİT, 2023).

Contudo, Slater *et al.* (2020) afirmam que a implementação do metaverso em cursos de engenharia ainda enfrenta barreiras como os altos custos de infraestrutura e a necessidade de capacitação específica dos docentes nas tecnologias envolvidas. Questões éticas relacionadas à privacidade e segurança dos dados dos alunos também precisam ser adequadamente abordadas.

À medida que as tecnologias amadurecem e os custos de acesso diminuem, espera-se uma adoção mais ampla do metaverso em cursos de engenharia agrícola. Seu potencial para aprimorar a preparação prática e empregabilidade dos futuros engenheiros é imenso. Instituições de ensino que adotarem o metaverso poderão se diferenciar pelo ensino mais moderno, atraindo mais alunos (XU *et al.*, 2023).

Portanto, o metaverso constitui uma poderosa ferramenta para aprimorar o ensino prático e técnico de engenharia, especialmente da engenharia agrícola, aproximando os estudantes da realidade profissional. Cabe às instituições de ensino investirem na transição para que esta nova era da educação imersiva se propague o mais rapidamente possível.

3. ESTUDO DE CASO

O Projeto de Ensino de Graduação (PEG) desenvolvido na Universidade Federal da Grande Dourados, intitulado “Produção de material didático complementar relacionado a área de Construções Rurais e Ambiência da UFGD – Ano IV, Edição 2023” teve como objetivo iniciar a imersão em metaversos para introduzir essa cultura de aprendizado entre os docentes e estudantes envolvidos.

Inicialmente foram estudadas técnicas para construção de metaversos, incluindo softwares e processos de modelagem 3D. Em seguida, foi realizado o mapeamento físico dos laboratórios com equipamentos de captura em 360º, gerando réplicas digitais em alta fidelidade. A inserção dos espaços físicos e seus componentes em realidade virtual foi testada com aplicativos Frame VF, Fulldive VR e Matterport.

Após as simulações foi verificado que os aplicativos Frame VF e Matterport permitiram capturar espaços reais em 3D por meio das câmeras de celulares de 64Mpx. As reconstruções fotorrealistas geradas em 3D puderam ser exploradas imersivamente sem a necessidade de óculos de realidade virtual, embora este equipamento também possa ser utilizado. Já o aplicativo Fulldive VR é mais

focado em experiências imersivas com uso de óculos VR, não tendo sido opção amigável para navegar pelos espaços 3D sem o uso do mesmo.

O estudo de Enzai *et al.* (2021) descreveu o desenvolvimento de Metaverso para o ensino de Engenharia, visando contornar limitações de recursos e questões de segurança em laboratórios. Foram construídos objetos 3D de componentes de computadores para serem visualizados pelos alunos por meio de um aplicativo. Ao final verificaram a percepção positiva quanto ao potencial da realidade aumentada para despertar o interesse e engajamento dos estudantes.

As Figuras 1A e 1B apresentadas a seguir ilustram como ficaram os Metaversos do Laboratório de Mecanização e o Laboratório de Construções Rurais e Ambiência, ambos pertencentes ao curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Grande Dourados. Por meio dessas imagens realistas construídas com câmeras de 64MPx, que geraram filmagens com qualidade Full HD, é possível compreender como metaversos oferecem a possibilidade de imergir em ambientes altamente detalhados, permitindo explorar locais específicos sem a necessidade de estar fisicamente presente.



Figura 1. Ilustração de Metaverso do laboratório de Mecanização (1A) e Construções Rurais e Ambiência (1B) da Engenharia Agrícola - UFGD / MS, inspirado no *software* Matterport.

Essa experiência ilustrativa apresenta uma perspectiva visual das oportunidades e benefícios que o Metaverso traz para cursos de Engenharia Agrícola, devendo ser considerado ainda, que no universo virtual o usuário pode caminhar por todo espaço, interagir com detalhes preparados para passar informação e até mesmo movimentar peças e equipamentos que lá estejam, caso seja realizada uma

construção com escaneamento 3D. É muito mais que apenas observar as fotos estáticas como as apresentadas na Figura 1.

Apesar de preliminares, essas imagens possibilitaram exploração virtual, permitindo se ter noção espacial de dimensões e configurações dos ambientes, porém, sem o aprofundamento no detalhamento de objetos e materiais, o que é perfeitamente possível conforme o metaverso for expandido.

A partir do sucesso alcançado neste projeto piloto almeja-se alcançar a integral reprodução das experiências imersivas e interativas dos ambientes reais conforme novos Projetos de Ensino de Graduação (PEGs) e Projetos de Pesquisa forem desenvolvidos na Universidade Federal da Grande Dourados.

Com aplicativos adequados, é possível ainda, como evolução do Metaverso inicial construído realizar uma impressão em 3D dos ambientes, e assim aumentar o fotorrealismo e modelagem de objetos e mapeamento de texturas. Com esta evolução, os espaços podem ser preenchidos com equipamentos, mobiliários e recursos educacionais virtualizados, proporcionando interação espacial detalhada com cada elemento.

Poderão ser testados ainda como continuação deste Projeto alguns outros aplicativos que também permitem capturar espaços e realizar escaneamento em 3D, para se registrar qual a melhor combinação de ferramenta de livre acesso a nível educacional de baixo custo, a ser indicada para ensino de Engenharia Agrícola. Entre as opções de aplicativos que podem ser testadas estão o Apple Space Capture, CupixVista, RealityCapture e 3DScannerApp.

A construção de Metaverso se mostrou inovadora e promissora, porém a equipe executora do PEG em suas reuniões de autoavaliação registrou alguns desafios técnicos que precisam ser superados e devem ser aqui descritos para possível reflexão.

1. A captura adequada dos detalhes é extremamente trabalhosa para espaços complexos, pois se a câmera não for posicionada adequadamente entre imagens, a Realidade Final construída fica com imperfeições;
2. Existem limitações de processamento gráfico dos modelos 3D de forma que são necessários hardwares mais potentes, só encontrados em câmeras específicas ou celulares mais sofisticados;
3. Garantir a completa replicação virtual com máxima similitude ainda é difícil, visto que o operador da construção inicial é humano e a renderização de materiais e iluminação natural complexa.

Portanto, enxergar estes desafios como convites à pesquisas, aproximam ainda mais o Metaverso e seu fotorrealismo 3D de novos estímulos educacionais propostos pela Engenharia Agrícola.

Anastasiou *et al.* (2023) analisaram aplicações de tecnologias de realidade estendida na agricultura, pecuária e aquicultura. Foram identificados que os usos em ações práticas da educação, permitem melhor desempenho e engajamento dos estudantes. Porém, o estudo concluiu que, apesar do enorme potencial, a área ainda é incipiente e precisa avançar muito em questões éticas e integração tecnológica para maximizar os benefícios do Metaverso.

Sobre o PEG desenvolvido na UFGD houve a percepção real que o metaverso apresenta enorme potencial para enriquecer o aprendizado, tornando as aulas mais interessantes e práticas, especialmente disciplinas técnicas da Engenharia Agrícola. Ao possibilitar a exploração imersiva atividades complexas poderão ser realizadas sem riscos aos alunos e com acesso a equipamentos que a Universidade não dispõe fisicamente. Dessa forma, o uso educacional do metaverso poderá tornar o ensino mais dinâmico e atraente, reduzindo a evasão, facilitando o trabalho em grupo e preparando melhor os futuros profissionais.

Khansulivong *et al.* (2022) investigaram a adoção de novas tecnologias, como o metaverso, para aprendizado online sobre agricultura durante a pandemia de COVID-19 na Universidade Nacional de Laos. Por meio de simulações 3D imersivas, buscou-se motivar e recriar experiências técnicas e visitas de campo em formato virtual. A satisfação e taxa de sucesso dos usuários indicaram resultados positivos para adoção dessa tecnologia no ensino remoto mesmo em cursos envolvendo agricultura, conferindo maior praticidade e engajamento dos estudantes. O estudo forneceu um estudo de caso bem-sucedido de metaverso para contornar limitações financeiras e de evasão universitária.

O PEG implementado na UFGD serviu como projeto piloto relevante para os alunos de Engenharia Agrícola, permitindo verificar a viabilidade de construir metaversos educacionais com recursos limitados. Dessa forma, o PEG abriu caminho para um ensino mais moderno e conectado ao mercado de trabalho. A experiência piloto foi fundamental para iniciar o uso de metaversos na UFGD e agora pretende aprofundar mais propondo a realidade virtual para todas áreas da Engenharia Agrícola e até outros cursos de Engenharia e Ciências Agrárias.

Esse estudo de caso relatou uma experiência inovadora que aproveitou as potencialidades do metaverso para superar barreiras geográficas e proporcionar aprendizado prático, colaborativo e envolvente. Os resultados obtidos comprovaram o valor dessa tecnologia quando aplicada com

criatividade na educação em Engenharia Agrícola e que pode ser extrapolada para outros cursos de Engenharia e das Ciências Agrárias.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo explorou o potencial do metaverso como ferramenta transformadora para o ensino de Engenharia Agrícola e aprimoramento de práticas agrícolas sustentáveis. Por propiciar ambientes virtuais imersivos e colaborativos, o metaverso se apresentou como uma tecnologia promissora para expandir os horizontes da educação e da pesquisa.

O estudo de caso apresentado, seja ele o Projeto PEG/2023 na UFGD, serviu como iniciativa pioneira que viabilizou experiência enriquecedora tanto para os professores quanto para os docentes envolvidos da Engenharia Agrícola. O caminho trilhado por esse projeto piloto é essencial para disseminar o uso do metaverso na área.

Há um futuro promissor, porém desafiador, para quem se propuser a explorar e estabelecer as bases de uma nova geração da educação em Engenharia Agrícola com apoio do metaverso. Cabe aos pesquisadores e educadores abraçarem de forma criativa, porém responsável, as oportunidades apresentadas por essa tecnologia em ascensão.

O futuro do metaverso integrado ao escaneamento e modelagem 3D permitirá que estudantes interajam virtualmente com objetos complexos de forma realista e segura. A digitalização de motores e culturas, por exemplo, proporcionará experiências imersivas que contribuirão para uma formação prática e conectada à realidade. Essas experiências imersivas contribuirão muito para uma formação prática e conectada à realidade do campo de atuação, preparando melhor os futuros Engenheiros Agrícolas.

O uso do metaverso integrado ao escaneamento 3D permitirá que estudantes interajam com objetos complexos de forma realista e segura. A digitalização de motores, máquinas e culturas proporcionará experiências imersivas que contribuirão para uma formação prática e conectada à realidade do campo de atuação, preparando melhor os futuros Engenheiros Agrícolas e profissionais das Ciências Agrárias.

5. REFERENCIAS

- AHELEROFF, S.; HUANG, H.; XU, X.; ZHONG, R. Y. Toward sustainability and resilience with Industry 4.0 and Industry 5.0. *Frontiers in Manufacturing Technology*, v. 2, 2022. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmtec.2022.951643>. Acesso em: 23 jul. 2023.
- ALAM, A.; MOHANTY, A. Metaverse and Posthuman Animated Avatars for Teaching-Learning Process: Interperception in Virtual Universe for Educational Transformation. 2022. *Innovations in Intelligent Computing and Communication [...]*. Cham: Springer International Publishing, 2022. p. 47–61. https://doi.org/10.1007/978-3-031-23233-6_4.
- ALTHEWAYNEE, H.; HAMOOD, M.; HUSSEIN, H. A. A systematic review of using augmented reality in tourism between 2017 and 2021. *OSF Home*. v. 3, p. 18–45, 8 ago. 2022. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/DF4TZ>.
- ANASTASIOU, E.; BALAFOUTIS, A. T.; FOUNTAS, S. Applications of extended reality (XR) in agriculture, livestock farming, and aquaculture: A review. *Smart Agricultural Technology*, v. 3, p. 100105, 1 fev. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2022.100105>.
- ANSHARI, M.; SYAFRUDIN, M.; FITRIYANI, N. L.; RAZZAQ, A. Ethical Responsibility and Sustainability (ERS) Development in a Metaverse Business Model. *Sustainability*, v. 14, n. 23, p. 15805, jan. 2022. <https://doi.org/10.3390/su142315805>.
- BELK, R. The digital frontier as a liminal space. *Journal of Consumer Psychology*, v. n/a, n. n/a, 2023. DOI 10.1002/jcpy.1357. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jcpy.1357>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- BIBRI, S. E. The Metaverse as a Virtual Model of Platform Urbanism: Its Converging AIoT, XReality, Neurotech, and Nanobiotech and Their Applications, Challenges, and Risks. *Smart Cities*, v. 6, n. 3, p. 1345–1384, jun. 2023. <https://doi.org/10.3390/smartcities6030065>.
- BOCCHESI, P. Metaverso: passado, realidade ou tendência? 14 jun. 2022. *Dynamic Mindset*. Disponível em: <https://dynamicmindset.com.br/metaverso-passado-realidade-ou-tendencia/>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- DUAN, H.; LI, J.; FAN, S.; LIN, Z.; WU, X.; CAI, W. Metaverse for Social Good: A University Campus Prototype. In: *ACM INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIMEDIA*, 29., 2021, New York, NY. *Proceedings [...]*. New York: Association for Computing Machinery, 2021. p. 153–161. DOI: 10.1145/3474085.3479238. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/3474085.3479238>. Acesso em: 27 jul. 2023.
- ENZAI, N. I. M.; AHMAD, N.; AB. GHANI, M, A, H.; RAIS, S. S.; MOHAMED, S. Development of Augmented Reality (AR) for Innovative Teaching and Learning in Engineering Education. *Asian Journal of University Education*, v. 16, n. 4, p. 10, 2021. .
- GUPTA, J.; RANI, L.; KAUR, M. AR/VR Technologies in the Metaverse Ecosystem. *Handbook of Research on AI-Based Technologies and Applications in the Era of the Metaverse*. IGI Global, 2023. p. 127–143. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-8851-5.ch006>.

HUA, J.; WANG, H.; KANG, M.; WANG, X.; GUO, S.; CHANG, F.; WANG, F.-Y. The design and implementation of a distributed agricultural service system for smallholder farmers in China. *International Journal of Agricultural Sustainability*, v. 21, n. 1, p. 2221108, 31 dez. 2023. <https://doi.org/10.1080/14735903.2023.2221108>.

ISLAM, M. M. A.; ATHAR, A.; THEODORE ARMAND, T. P.; SHEERAZ, M. M.; IMTIYAJ UDDIN, S. M.; KIM, H.-C. Technological Roadmap of the Future Trend of Metaverse based on IoT, Blockchain, and AI Techniques in Metaverse Education. In: *INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED COMMUNICATION TECHNOLOGY (ICACT)*, 25., fev.2023. p.1414–1423. <https://doi.org/10.23919/ICACT56868.2023.10079464..>

JUNG, S. H.; JEON, I. O. A study on the components of the Metaverse ecosystem. *Journal of Digital Convergence*, ed. 20, 2, p.12, 2022. .

KHANSULIVONG, C.; WICHA, S.; TEMDEE, P. Adaptive of New Technology for Agriculture Online Learning by Metaverse: A Case Study in Faculty of Agriculture, National University of Laos. In: *JOINT INTERNATIONAL CONFERENCE ECTI DAMT & NCON*, 2022, jan. 2022. p. 428–432. <https://doi.org/10.1109/ECTIDAMTNCON53731.2022.9720366..>

LEE, H.; WOO, D.; YU, S. Virtual Reality Metaverse System Supplementing Remote Education Methods: Based on Aircraft Maintenance Simulation. *Applied Sciences*, v. 12, n. 5, p. 2667, jan. 2022. <https://doi.org/10.3390/app12052667>.

LI, K.; CUI, Y.; LI, W.; LV, T.; YUAN, X.; LI, S.; NI, W.; SIMSEK, M.; DRESSLER, F. When Internet of Things Meets Metaverse: Convergence of Physical and Cyber Worlds. *IEEE Internet of Things Journal*, v. 10, n. 5, p. 4148–4173, mar. 2023. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2022.3232845>.

RAMADAN, Z. Marketing in the metaverse era: toward an integrative channel approach. *Virtual Reality*, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10055-023-00783-2>.

SILVA, G. L. da. Realidade virtual para a visualização e difusão do patrimônio arquitetônico: estudo de métodos e técnicas para a criação de ambientes virtuais interativos 3D. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPGAU). Universidade Federal da Bahia. Mestrado em Arquitetura. 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufba.br/handle/ri/36049>. Acesso em: 27 jul. 2023.

SLATER, M.; GONZALEZ-LIENCRES, C.; HAGGARD, P.; VINKERS, C.; GREGORY-CLARKE, R.; JELLEY, S.; WATSON, Z.; BREEN, G.; SCHWARZ, R.; STEPTOE, W.; SZOSTAK, D.; HALAN, S.; FOX, D.; SILVER, J. The Ethics of Realism in Virtual and Augmented Reality. *Frontiers in Virtual Reality*, v. 1, 2020. <https://doi.org/10.3389/frvir.2020.00001>.

SLATER, M.; SANCHEZ-VIVES, M. V. Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, v. 3, 2016. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>.

SUN, J.; GAN, W.; CHAO, H.-C.; YU, P. S. Metaverse: Survey, Applications, Security, and Opportunities. *arXiv preprint*. 2022. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2210.07990>.

XU, W.; ZHANG, N.; WANG, M. The impact of interaction on continuous use in online learning platforms: a metaverse perspective. *Internet Research*, 2023. <https://doi.org/10.1108/INTR-08-2022-0600>.

YAQOT, M.; MENEZES, B. C.; AL-ANSARI, T. Unmanned aerial vehicles in precision agriculture towards circular economy: a process system engineering (PSE) assessment. In: Computer Aided Chemical Engineering. 31. European Symposium on Computer Aided Process Engineering: Elsevier, 2021. v. 50, p. 1559–1565. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-88506-5.50241-2>.

YÜZÜAK, Y.; YİĞİT, H. Augmented reality application in engineering education: N-Type MOSFET. International Journal of Electrical Engineering & Education, v. 60, n. 3, p. 245–257, 1 jul. 2023. <https://doi.org/10.1177/0020720920954150>.



EDITORA CONHECIMENTO LIVRE



conhecimentolivre.org/home



contato@conhecimentolivre.org



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

ENGENHARIA:

A MÁQUINA QUE CONSTRÓI O FUTURO

VOLUME XIV