



# ANÁLISE DOS IMPACTOS DO CICLO DE VIDA *Estudos de Casos*

VIVIANE FARIAS SILVA  
PAULO ROBERTO MEGNA FRANCISCO



**ANÁLISE DOS  
IMPACTOS DO  
CICLO DE VIDA  
ESTUDOS DE CASOS**





#### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

A612 Análise dos impactos do ciclo de vida: estudos de casos/Silva & Francisco

— Campina Grande: EPTEC, 2022.

81 f.: il. color.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN: 978-65-00-47772-6

1. Impactos ambientais. 2. Cadeia produtiva. 3. Gestão ambiental. I. Silva, Viviane Farias. II. Francisco, Paulo Roberto Megna. III. Título.

CDU 62

Os capítulos ou materiais publicados são de inteira responsabilidade de seus autores. As opiniões neles emitidas não exprimem, necessariamente, o ponto de vista do Editor responsável. Sua reprodução parcial está autorizada desde que cite a fonte.



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

2022 by Eptec

Copyright © Eptec

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Eptec

Direitos para esta edição cedidos à Eptec pelos autores.

Open access publication by Eptec

#### **Créditos das Imagens da capa e dos capítulos**

Pixabay/Freepick

#### **Editoração, Revisão e Arte da Capa**

Paulo Roberto Megna Francisco

#### **Conselho Editorial**

Djail Santos (CCA-UFPB)

Dermeval Araújo Furtado (CTRN-UFCG)

George do Nascimento Ribeiro (CDSA-UFCG)

Josivanda Palmeira Gomes (CTRN-UFCG)

João Miguel de Moraes Neto (CTRN-UFCG)

José Wallace Barbosa do Nascimento (CTRN-UFCG)

Juarez Paz Pedroza (CTRN-UFCG)

Lúcia Helena Garófalo Chaves (CTRN-UFCG)

Luciano Marcelo Fallé Saboya (CTRN-UFCG)

Newton Carlos Santos (UFRN)

Paulo da Costa Medeiros (CDSA-UFCG)

Paulo Roberto Megna Francisco (CTRN-UFCG)

Soahd Arruda Rached Farias (CTRN-UFCG)

Virgínia Mirtes de Alcântara Silva (CTRN-UFCG)

Viviane Farias Silva (CSTR-UFCG)



Viviane Farias Silva  
Paulo Roberto Megna Francisco

# **ANÁLISE DOS IMPACTOS DO CICLO DE VIDA ESTUDOS DE CASOS**



1.a Edição  
Campina Grande-PB  
2022



## REALIZAÇÃO



## APOIO





## SUMÁRIO

<i>CONSTRUÇÃO DE UM INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA NA AGROINDÚSTRIA ARROZEIRA .....</i>	<i>6</i>
<i>EMBALAGENS CARTONADAS DE LEITE: UMA REVISÃO SOBRE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA .....</i>	<i>22</i>
<i>INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (ICV) PARA A PRODUÇÃO DE FRANGO DE CORTE .....</i>	<i>30</i>
<i>AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA: PESQUISA CIENCIOMÉTRICA.....</i>	<i>40</i>
<i>INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA DOS RESÍDUOS DE SAÚDE NA INTERFACE DA PANDEMIA DA COVID-19 .....</i>	<i>53</i>
<i>INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA DA CADEIA PRODUTIVA DA CELULOSE E PAPEL.....</i>	<i>68</i>
<i>Curriculum dos organizadores .....</i>	<i>81</i>



# CONSTRUÇÃO DE UM INVENTÁRIO DE CICLO DE VIDA NA AGROINDÚSTRIA ARROZEIRA

**Lílian de Queiroz Firmino**

Mestre em Ciências Ambientais, UFPEL, Pelotas-RS, naililufcgcta@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-3919-4100>

**Ana Paula Rozado Gomes**

Mestranda em Ciências Ambientais, UFPEL, Pelotas-RS, agro.anapaula@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9855-800X>

**Wanessa Alves Martins**

Doutorando em Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, wanessamartins\_eng@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2108-2530>

**Viviane Farias Silva**

Dra. Profa. Adjunta, UFCG, Patos-PB, viviane.farias@ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

**Gizele Ingrid Gadotti**

Dra. Profa. Titular, UFPEL, Pelotas-RS, gizeleingrid@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9545-6577>

**Rayanne Maria Galdino Silva**

Mestre em Engenharia Civil e Ambiental, UFPB, João Pessoa-PB, rayannemaria2014@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-5062-5434>



## **Introdução**

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma das várias técnicas de gestão ambiental, sendo uma técnica para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto mediante a compilação de um inventário de entradas e saídas pertinentes de um sistema de produto; mediante a avaliação dos impactos ambientais potenciais associados a essas entradas e saídas; mediante a interpretação dos resultados das fases de análise de inventário e da avaliação de impactos em relação aos objetivos dos estudos, portanto, a ACV estuda os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo da vida de um determinado produto (ABNT, 2009).

A realização de uma Avaliação de Ciclo de Vida para um processo produtivo, seja ele no campo ou na indústria, requer certo padrão na sequência das etapas que a compõem. E em se falando de padrão tem-se na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2009) normas dentro da série ISO 14.000 a serem consideradas.

De maneira mais específica é a ISO 14040 que apresenta a estrutura geral, princípios e requisitos para conduzir e relatar estudos de ACV. Da ISO 14040 até a ISO 14044 são descritas as quatro etapas para condução desse tipo de estudo, são elas: Definição de Objetivo e Escopo, Inventário de Ciclo de Vida (ICV), Análise de Inventário de Ciclo de Vida (AICV), e Interpretação de Resultados ou Resultados da Análise.

Devido à grande quantidade de informações necessárias para condução de uma ACV enquanto metodologia, principalmente se esta for do tipo regionalizada, bancos de dados vêm sendo desenvolvidos ao longo dos anos para dar suporte à etapa de análise de inventário, e é por isso que, países desenvolvidos contam com bancos de dados para diferentes condições já com seus pacotes de métodos correspondentes (MENDES, 2013).

Um banco de dados é formado por um conjunto de elementos, como por exemplo, diferentes atividades, processos, recursos ambientais, elementos químicos, tipos de materiais, unidades de medidas, produtos, entre outros (CIROTH et al., 2019; 2020).

Para análise de inventário é preciso alinhar ou interligar os elementos do inventário de interesse, aquele construído pelo analista, como o ICV, através de atividades preexistentes dentro de um banco dados. Essa análise, ICV, pode resultar em um esforço ainda maior para o analista, pois, além de caracterizar a atividade produtiva deverá estar atento às possíveis ligações dos elementos específicos da atividade com o que pode ou não conter no banco de dados escolhido para a análise. Portanto, o delineamento do ICV é tão importante quanto à escolha de um banco de dados atualizado com elementos que atendam o objetivo do estudo para se alcançar resultados representativos e passíveis de serem comparados a outros estudos já publicados na literatura (CIROTH et al., 2019).



Quanto ao banco de dados criado para apresentar, ou ainda, para representar situações no Brasil, ainda não existe, o que há é o Sistema de Inventário do Ciclo de Vida (SICV Brasil), um Banco Nacional de Inventários de Ciclo de Vida de produtos nacionais. Criado pelo Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) com vistas ao fortalecimento da ACV no país (IBICT, 2015), na verdade, SICV Brasil encontra-se disponível para visualizar, receber e armazenar ICV em uma página online, não sendo possível baixar dados de atividades armazenadas nesta base.

A construção do Inventário de Ciclo de Vida (ICV) é o que torna um processo conhecido, sendo a base para a realização da ACV. O ICV é a etapa destinada à realização de um levantamento de dados para que se possa quantificar as entradas em consumo de matéria prima, recursos energéticos, tipos de combustíveis, e as saídas por geração de resíduos para o meio ambiente ISO 14041 (ABNT, 2004).

Durante a construção de um ICV, o sistema em estudo torna-se conhecido permitindo identificar aspectos ambientais relacionados à atividade produtiva que podem ou não resultar na quantificação de categorias de impactos. Pois, o que deve acontecer na etapa seguinte, na AICV, é uma associação dos dados quantificados no inventário com impactos ambientais, inserindo-os em um software, que fará a quantificação das categorias de impacto (MENDES et al., 2016).

Para este trabalho foi selecionado a cadeia produtiva do arroz, visto que, ela é essencial no setor social, econômico e cultural no Brasil, além do grande potencial em cultivo o processamento também se destaca por proporcionar trabalho e renda, estimulando a economia interna do país, pois conta com um parque industrial nacional de beneficiamento bastante ampliado (CONAB, 2018; 2020).

A indústria de beneficiamento do arroz ocasiona, além de impactos positivos, também impactos ambientais negativos, estes principalmente pela geração de resíduos no processo produtivo, assim há uma diversidade em relação ao potencial poluidor, principalmente pela forma em que os gestores optarem em relação ao meio ambiente (WALTER & ROSSATO, 2010).

De acordo com Martignago e Jorge (2014), estudos nas agroindústrias são relevantes, onde se faz necessário seguir normatizações desde o cultivo até a comercialização de um produto na busca por alternativas para torná-lo sustentável socialmente e ambientalmente.

Logo, tendo em vista a importância do ramo alimentício e a escassez de estudos de ACV na cadeia produtiva do arroz este trabalho tem como objetivo construir um Inventário de Ciclo de Vida considerando o processamento do grão de arroz branco, no município de Pelotas - RS, colaborando com a divulgação e apresentação de dados referentes a uma ACV desta cadeia produtiva, tornando o acesso de dados quantitativos, mais acessível, possibilitando que demais pesquisadores e profissionais da área, tenham acesso a um inventário mais próximo possível da sua realidade.

## Material e Métodos

A coleta de dados primária para o ICV foi realizada no município de Pelotas, Estado do Rio Grande do Sul, localizada a 261 quilômetros de Porto Alegre, capital do Estado (Figura 1). A população do município, conforme estimativas do IBGE em 2018 (IBGE, 2018), contava com 341.648 habitantes, sendo a terceira cidade mais populosa do Estado.

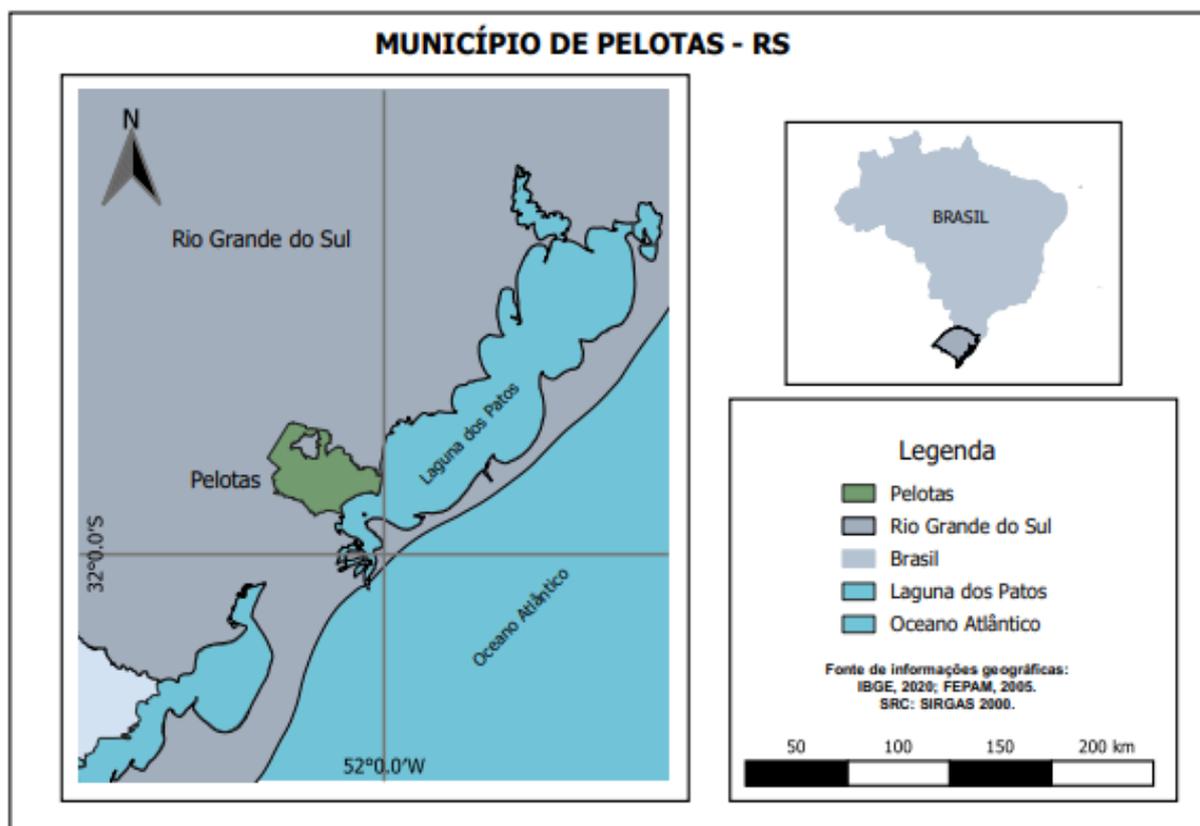


Figura 1. Mapa de localização do município de Pelotas-RS.

Fonte: Adaptado de IBGE (2020); FEPAM (2005).

No referido município, existem várias unidades de beneficiamento de sementes (quando para o cultivo) e de grãos (quando para a alimentação). Pelotas, cidade industrializada, está inserida na cadeia agroindustrial orizícola da região sul, gerando emprego e renda para 232 mil pessoas que trabalham na exploração da cultura do arroz (CONCEIÇÃO, 2015; SOSBAI, 2018; IRGA, 2020).

Unidades beneficiadoras de arroz foram contatadas em busca das que se dispusesse a participar da pesquisa, entretanto, apenas uma das Unidades de Beneficiamento de Grãos (UBG) demonstrou interesse em participar da pesquisa e deste ponto em diante foi descrita como a UBGx, sendo a letra x, uma menção a uma UBG qualquer, sendo esta a fonte para a coleta de dados e elaboração do ICV referente ao beneficiamento de arroz na região sul do Brasil.



A UBGx, considerada de pequeno porte, com um quadro de 90 funcionários assalariados, é classificada desta forma também conforme descrito pelo IBGE (2016). Recebe grãos de arroz, ao longo do ano, cultivado na região por diferentes produtores, os grãos são secos em uma propriedade rural pertencente a unidade, atuando como uma extensão da UBGx, que deixou de realizar a atividade de secagem no local devido a complicações ambientais por emissões de material particulado na zona urbana. Neste caso, foi considerado que todo grão beneficiado por esta UBGx passou pelo processo de secagem na propriedade rural, em seguida transportado até a unidade de beneficiamento, percorrendo uma distância média de 10 km.

Na unidade de beneficiamento, na cidade, o grão é submetido ao processamento para produção de arroz branco polido, o produto final do processo a ser analisado com a metodologia ACV. São processados e embalados pela UBGx para expedição de arroz em fardos de 30,757 kg a serem comercializados no Brasil.

A coleta de dados foi realizada por meio de visitas técnicas com o objetivo de acompanhar cada atividade realizada na UBGx, e assim poder analisar a realização das etapas de secagem, beneficiamento e embalagem do produto final bem como quantificar todas as entradas e saídas presentes.

Durante estas visitas, o acompanhamento das atividades foi feito sempre com supervisor/funcionário responsável pelo setor, ou maquinário específico, auxiliando na identificação de cada um dos processos e do maquinário envolvido em cada uma das etapas em que os grãos, subprodutos, resíduos e produto finais eram submetidos.

Ou seja, neste ponto, a pesquisa utilizou-se de dados primários, coletados diretamente da cadeia produtiva do arroz além do auxílio da revisão de literatura, tornando possível o embasamento para a realização do estudo em relação à utilização de bancos de dados e softwares para aplicação desta ACV.

Ainda sobre os dados utilizados na pesquisa, são mantidos pela UBGx registros dos maiores consumos e geração de subprodutos/resíduos em termos de volume ou massa (grão *in natura*, descascado, quebrados, farelo e cascas), estes que são de maior interesse econômico para a empresa. A realização de registros de produtos, subprodutos e resíduos para cada ano de funcionamento da empresa, sobre a chegada do arroz em casca e saídas de produto final, subproduto e resíduos/descartes, também foi realizada. A classificação e o acompanhamento destes registros se restringiram ao controle de produção ao cargo do gerente do setor de beneficiamento.

Uma vez realizado o levantamento de informações, de acordo com a Norma da Comissão Nacional de Atividades Econômicas 2.1 (CNAE), UBGx encontram-se na subclasse 1061-9/01 que trata da classificação de empresas no ramo alimentício para o beneficiamento de grão de arroz. Quanto à localização do empreendimento e geração de resíduos em área urbana, a UBGx encontra-se com as devidas licenças vigentes e em pleno funcionamento.



## Inventário do ciclo de vida - ICV

Com foco no produto e subprodutos, de maior interesse econômico para a empresa, o Inventário do Ciclo de Vida - ICV foi construído com base em dados do ano de 2019. Para isso, foram realizadas visitas à indústria, de segunda a sexta das 7h30min às 17h50min ao longo de três meses, janeiro a março de 2020, realizando o registro das entradas e saídas, com acompanhamento diário, delineando o ICV.

Para coleta de dados e construção do inventário foram considerados, as etapas do processo produtivo na UBGx, a partir do recebimento da matéria-prima para secagem até a expedição do produto final embalado e pronto para expedição, compondo assim o escopo da pesquisa, uma abordagem de portão ao portão (Figura 2).

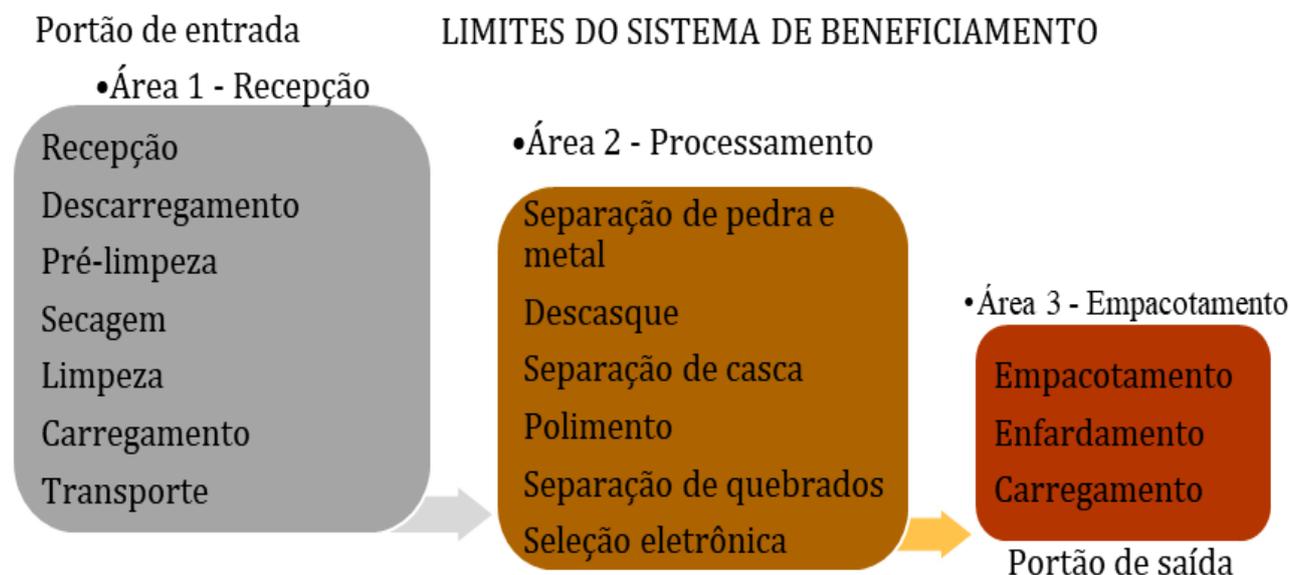


Figura 2. Atividades agrupadas por área na UBGx, para produção de arroz branco.

No setor de produção foram considerados para delineamento do ICV do arroz (Figura 2), levando em conta a Unidade Funcional (UF) estabelecida em 1 fardo de arroz pronto para expedição, apenas a matéria-prima bruta - o arroz em casca na recepção; o produto final beneficiado já embalado - na expedição; subprodutos e resíduos específicos do beneficiamento; bem como o consumo de água e energia - da recepção à expedição do grão já embalado.

Na UBGx, o beneficiamento foi subdividido em três áreas onde são realizadas as atividades do processamento do grão: Área 1-Recepção, Área 2-Processamento e Área 3-Empacotamento (Figura 2). Não foram contemplados nesta análise, as etapas de cultivo e consumo do grão por se tratar de uma cadeia muito extensa, isso considerando desde o campo até a mesa do consumidor final conforme Tejero e Cantarelli (2020) e Sellitto, Vial e Viegas (2018).



A coleta de dados para construção do ICV seguiu o proposto na ABNT NBR ISO 14.040 e ISO 14.041. Complementando-a com informações de entradas e saídas de maior e menor interesse para a UBGx, extraídas de seus registros diários, sempre relacionando cada uma delas com a identificação realizada durante as visitas no local, tornando ainda mais assertivo a descrição do processamento dos grãos na unidade de beneficiamento, possibilitando, desta forma construir o ICV do beneficiamento do arroz branco realizado na UBGx.

A energia, distribuída pela Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE do Rio Grande do Sul, e a água, distribuída pelo Serviço de Tratamento de Água e Esgoto de Pelotas - SANEP, são duas entradas importantes observadas neste inventário para o beneficiamento. E neste sentido, foi realizado o levantamento de máquinas e equipamentos utilizados nas dependências da UBGx com o objetivo de delinear o consumo de água e energia por área na unidade beneficiadora e identificar o consumo destes para a produção da UF completando ICV do arroz.

Durante a identificação de cada máquina, nas distintas áreas da UBGx, foram coletadas também variáveis em seus respectivos motores tais como Potência (W), Corrente (I), Tensão (V), Fator de potência ( $\varphi$ ), e Rendimento do motor (RM) para se obter a Potência Elétrica (PE) referente ao consumo de energia de cada máquina/equipamento, descrito por Colombo (2003) e ANEEL (2015) aplicando as Equações 1, 2 e 3.

$$PE = W/RM \quad (\text{Eq.1})$$

$$PE = I * V * \sqrt{3} * \cos\varphi \quad (\text{Eq.2})$$

$$C = (PE * T)/1000 \quad (\text{Eq.3})$$

Onde: PE = Potência em watts; C = Consumo de cada equipamento em kWh dia<sup>-1</sup>; T = Tempo de utilização do equipamento em horas dia<sup>-1</sup>.

Após verificação do consumo de energia de cada equipamento e por área, foi identificada qual etapa do processamento do arroz (recepção, processamento, empacotamento) demandava mais energia. Quanto ao consumo de água, foi verificado seu consumo por equipamento e em qual área havia consumo considerando apenas o volume requerido diretamente no processamento do grão, visto que, consumo por funcionário, quer seja no setor de produção, quer seja no setor administrativo, ocorre normalmente independente do processo ou empreendimento, logo, para esta pesquisa, este não foi o interesse, sendo apenas o interesse na industrialização do arroz propriamente dita.

Com os quantitativos do ICV foi possível identificar qual área apresentava maior número de saídas, consumo de material e energia (entradas) e assim obter o modelo de ciclo de vida para o beneficiamento do arroz branco processado na UBGx.



## Resultados e Discussão

Os resultados estão apresentados e discutidos com foco na importância da construção do Inventário de Ciclo de Vida, de acordo com o proposto na metodologia descrita.

Como resultado do levantamento de dados para se obter o ICV completo do beneficiamento do arroz foi obtido o consumo de energia verificando o inventário de máquinas e equipamentos nas três áreas do processo (Tabela 1) e averiguando-se na Área 2, o processamento, em que há o maior consumo de energia.

Tabela 1. Inventário de máquinas e equipamentos da UBGx por área do processamento de arroz

<b>Máquina/Equipamento</b>	<b>Descrição, quantidade e tempo de uso</b>
<b>Área 1: Recepção</b>	
Máquina de pré-limpeza	Extração de impurezas; 1 unidade, acionada 50 vezes ao dia durante 3 minutos
Mini engenho de provas	1 unidade, acionado 50 vezes ao dia durante 10 minutos
Balança	1 unidade, ligada 24h dia <sup>-1</sup>
Moega externa	1 unidade, acionada, em média, 10 vezes ao dia
Peneira com ventilador	Extração de impurezas; 1 unidade
Moega interna	1 unidade, acionada 3 vezes na semana
Exaustores/filtros de manga	Sucção de pó, poeira e farelo; 3 unidades, ligado 24h dia <sup>-1</sup>
Esteira suspensa	Transporte horizontal de grãos
Flutuador	Extração de poeira e outros produtos leves; 1 unidade
Flutuador	Extração de poeira e outros produtos leves; 1 unidade
Peneira cilíndrica	Extração de talos, palha, grãos e outros produtos leves; 1 unidade
Elevador de caneca	Transporte vertical de grãos
Rosca helicoidal	Transporte horizontal de grãos
<b>Área 2: Processamento</b>	
Separador densimétrico (Saca-pedra), 2 motores	Separa pedra e metal; 1 unidade
Descascador, 4 motores	Retirada da casca; 4 unidades
Mesa densimétrica	Separação de esbramado e marinheiro; 2 Unidades
Brunidor	1ª passo do polimento; 3 unidades
Polidor a água	2ª passo do polimento
Polidor a ar	3ª passo do polimento; 3 unidades
Trieur	Separação de quebrados e inteiros
Eletrônicas	Separação de quebrados; 4 unidades
Exaustores/filtros de manga	Sucção de pó, poeira e farelo; 2 unidades, ligado 24 h dia <sup>-1</sup>
Rosca helicoidal	Transporte horizontal de grãos
Elevador de caneca	Transporte vertical de grãos
<b>Área 3: Empacotamento</b>	
Peneira (Máquina com conjunto peneiras) 2 motores	Extração de impurezas; dosagem de quebrados no pacote; 3 unidades
Empacotadeira	Embalagem do produto; 4 unidades
Enfardadeira	Expedição do produto; 2 unidades
Rosca	Transporte horizontal de grãos
Esteiras transportadoras	Expedição do produto; 2 unidades



Na realização do inventário de máquinas foi possível constatar que o processamento do produto nas três áreas ocorre em horários diferentes. Por isso, os cálculos do consumo para o Tabela 1 foram resultantes de um dia de pleno funcionamento na empresa, período este em que as três áreas estão ativas, situação esta que ocorre normalmente no período de intensa produção referente aos meses de setembro, outubro e novembro, período da pós colheita do arroz na região.

Diferentemente do consumo de energia, o consumo de água quantificado foi verificado apenas na Área 2 (Tabela 1), um volume equivalente a 2% do peso de grãos que passa no polidor, um volume muito pequeno, não produzindo saída de efluente do sistema. Segundo Ciroth et al. (2019) para cada entrada existe uma saída resultante do sistema, no entanto, há que se considerarem as singularidades que caracterizam cada processo produtivo, pois o que acontece no beneficiamento do arroz branco polido é a absorção do líquido pelo grão.

A inclusão ou exclusão de uma entrada ou saída no ICV pode limitar a interpretação dos resultados da ACV, porque nem sempre, a saída se dará no local esperado, ela poderá ocorrer de modo diverso, como neste estudo, em que o esperado para a saída fosse necessariamente ocorrer no sistema de efluente, fato este que não ocorreu, uma vez que, esta saída foi registrada através da saída do próprio produto. Através deste fato, é possível inferir que essa informação de entrada, que não gera a saída esperada, não é significativo o suficiente para que possa haver uma real contribuição na quantificação de categorias para o estudo.

Como resultado da aplicação dos cálculos do consumo de energia conforme Colombo (2003) e ANEEL (2015), constata-se que o maior consumo é na Área 2, ocorrendo de fato nos meses considerados de maior pico de produção. Por ser uma empresa de pequeno porte, segundo IBGE (2016) e BRASIL (2011), com uma capacidade instalada de 6.287,51 kg h<sup>-1</sup>, alcançando uma produção diária maior que 75.000 kg dia<sup>-1</sup>, verifica-se que o processamento de 1 fardo de arroz consome 42,23 Mj (Tabela 2).

Algumas saídas do beneficiamento foram identificadas como saídas de referência de acordo com Ciroth et al. (2020), fazendo ligação entre as áreas do processo, e por isso apresentam-se inseridas no sistema de entrada (Tabela 1), como por exemplo o arroz em casca, limpo. Os autores afirmam ser importante identificar estas saídas para que se tenha certeza de que todas as áreas estejam interligadas do início ao fim, garantindo que as entradas e saídas sejam representativas da saída de interesse no final do processo, a UF.

Além da saída de referência foram identificadas outras três saídas, a de resíduo (casca, cinza e o resíduo plástico); a saída produto (o arroz embalado Tipo 1 e Tipo 2); e a saída subprodutos do beneficiamento (canjição, canjica, canjiquinha, quirera, farelo de arroz e o arroz resíduo).



Tabela 2. ICV das entradas e saídas para o beneficiamento de um fardo de arroz branco

Entradas	Unidades	Quantitativo	Saídas	Unidades	Quantitativo
Eletricidade	MJ	42,229020	Impureza grosseira	kg	1,039609879
Lenha de eucalipto	m <sup>3</sup>	0,02024	Cinza	m <sup>3</sup>	0,000202395
Arroz em casca 1	kg	50,59884	Inço	kg	0,174822386
Transporte até a unidade de processamento	km*t	156	Arroz em casca, limpo	kg	49,40513
Arroz em casca, limpo	kg	49,40513	Casca de arroz	kg	1,068136
Rolo descascador	itens	2	Arroz quebrado (canjicão)	kg	1,827989773
Arroz resíduo	kg	6,465236	Resíduo de arroz quebrado (canjica)	kg	5,5136126
Água	m <sup>3</sup>	0,000568456	Pequenas partes de arroz (canjiquinha)	kg	0,1827989
Grão selecionado	kg	28,4228029	Farelo de arroz	kg	5,513612559
Bobina plástico (pacote de 1kg)	kg	0,141	Resíduo fino do farelo (quirera)	kg	5,513612559
Bobina plástico, (fardo de 30kg)	kg	0,00038	Arroz resíduo	kg	6,465236
			Grão selecionado	kg	28,4228029
			Fardo pronto para expedição (UF)	itens	1
			Resíduo de embalagens (plástico)	kg	0,01448

É importante notar que, nem toda saída necessariamente é um resíduo e que subprodutos que retornam como entrada à linha de produção pode agregar maior pontuação na quantificação de possíveis categorias de impactos na etapa de AICV, já que, de acordo com Ciroth et al. (2019), onde houver no processo maior número de saídas ali estará o maior potencial impactante da atividade para o meio ambiente. Algo que já se esperava para a Área 2, visto que, o arroz resíduo na Tabela 1 retorna para ser reprocessado, reentrando no sistema e obtendo-se o arroz T2 no beneficiamento. Este segundo produto acaba consumindo insumos duas vezes mais que um produto processado apenas uma vez.

A precisão no delineamento do ICV pode refletir sobre a quantificação e pontuação das categorias de impactos resultantes desse tipo de estudo, pois quanto mais detalhado for o inventário maior quantidade de dados a ser analisado pelo software empregado na etapa de AICV (FIRMINO, 2021).



Ao incluir gás natural liquefeito de petróleo como fonte de energia em substituição à eletricidade no ICV de seu estudo, Nabavi-Pelesaraei et al. (2019), relata uma diminuição no potencial acidificante do processamento do arroz branco na província de Guilan-Irã, algo que pode ser atribuído a singularidade do ICV construído para o estudo.

Durante o processamento de diferentes produtos existe o produto final de interesse comercial, subprodutos e resíduos como consequência do processo realizado. No beneficiamento do arroz não é diferente, foram utilizados basicamente energia, água e biomassa, ao passo que, são lançados para o ambiente, particulados sólidos para o ar, para o solo, bem como resíduos sólidos, sendo o principal e mais volumoso, as cascas que, apesar de ser o maior volume entre os resíduos das arrozzeiras, possui potencial para ser convertida em energia (INÁCIO, 2016).

O modelo de ciclo de vida do beneficiamento, o próprio ICV, foi concluído com alguns aspectos ambientais elencados com possíveis impactos ambientais, decorrentes do beneficiamento do grão, sendo possível a identificação de quais meios ou elementos do ambiente podem ser alterados devido a geração e disposição inadequada dos resíduos, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Aspectos e impactos ambientais decorrentes do processamento do arroz

<b>Aspectos ambientais</b>	<b>Elementos (meios)</b>	<b>Potenciais impactos ambientais</b>
Escoamento da safra, gerando emissão de material particulado (poeira, gases)	Solo Ar Espaço físico	Alteração do meio físico, solo e ambiente
Transporte de cargas com emissão de ruídos	Ar Atmosfera	Incômodo aos vizinhos. Danos a qualidade do ar
Descarregamento do produto com emissão de material particulado e geração de resíduos	Ar Solo	Danos auditivos, deterioração da qualidade do ar e do solo
Remoção de impurezas, casca e material particulado (sobras)	Ar Água Solo	Alteração do meio físico e contaminação de solo, ar e água
Secagem do produto com geração de cinza, emissão de ruído e material particulado	Ar Espaço físico	Danos auditivos, deterioração da qualidade do ar
Armazenagem e estocagem dos grãos, geração de ruído	Ar Solo Espaço físico	Degradação da paisagem, alteração do meio físico
Armazenamento de resíduos (casca de arroz)	Espaço físico	Impacto visual, alteração do meio físico
Beneficiamento dos grãos, emissão de ruídos e fluxo de Caminhões	Ar Espaço físico	Incômodo aos vizinhos
Empacotamento e expedição do produto com geração de resíduos (plástico), fluxo de caminhões e geração de material particulado	Ar/Atmosférica Solo	Deterioração da qualidade do ar, solo, congestionamentos de veículos

Fonte: Adaptado de Simon e Wolff (2012).



A identificação de aspectos e possíveis impactos, como os que são apresentados na Tabela 2, é comum a diferentes atividades. Espera-se, ao agregar um possível potencial de alterações a estudos de aspectos e impactos, impactar de forma positiva na escolha de medidas/ações preventivas ou atenuantes de impactos futuros de uma atividade, neste sentido, ACV pode ser uma ferramenta a ser implementada (FIRMINO, 2021).

Do mapeamento de resíduos, oriundos do beneficiamento de arroz, a maior preocupação está inicialmente sobre a geração de grande volume de cascas, seu aproveitamento ou destinação final, e em seguida a geração de cinzas (SAIDELLES et al., 2012; SIMON & WOLFF, 2012). Da massa do arroz a ser processado de 20 a 33% equivale a cascas, essas são consideradas como um dos maiores resíduos, pois estima-se que são gerados no mundo 134 milhões de toneladas deste resíduo por ano (SHAFIE et al., 2012; LIM et al., 2012; QUISPE et al., 2017).

De acordo com Inácio (2016), a emissão e destinação inadequada de resíduos do processamento deste cereal tem potencial para impactar significativamente e negativamente o meio ambiente, e segundo Brandalise (2018) depósitos de casca de arroz, bem como suas cinzas a céu aberto, é uma questão acompanhada a alguns anos na região do presente estudo.

Devido ao elevado poder calorífico das cascas de arroz, de aproximadamente  $16.720 \text{ kJ kg}^{-1}$ , esta biomassa abundante no Rio Grande do Sul vem sendo cada vez mais utilizada para a geração de eletricidade. Como é o caso das termelétricas a base de casca de arroz que desde o ano de 2001 vêm sendo instaladas neste estado, como destino final ambientalmente correto para este resíduo. Contando com nove usinas termoelétricas no Rio Grande do Sul atingindo 46,65 MW de produção (KLEIN, 2020; INÁCIO, 2016).

Sendo o Rio Grande do Sul o estado com maior produção deste cereal e, conseqüentemente, gerando grande volume de subprodutos e resíduos no campo e na indústria (FREITAS, 2014; KAYSER et al., 2017; CONAB, 2019; IRGA, 2020), é evidente a importância da construção de inventários abordando toda a cadeia produtiva do arroz. Tendo em vista fomentar a criação de um banco de dados contendo a produção alimentícia brasileira, visto que a aplicação da ACV, como ferramenta, pode possibilitar a análise ambiental para ponderação de impactos ambientais, bem como, econômicos tendo em vista a inserção de estratégias sustentáveis, segundo Rocha et al. (2010), conforme legislação ambiental pertinente.

## **Conclusão**

Através da construção do inventário de ciclo de vida do processo de beneficiamento dos grãos de arroz branco, foi possível demonstrar a importância da coleta de dados a ser realizada pelo analista, uma vez que, a grande dificuldade em termos de morosidade está na coleta de dados do parâmetro do inventário em si do ciclo de vida.



Evidenciou-se a importância do ICV para a construção do ACV e demonstrando que uma vez considerados ou não determinadas entradas e saídas, o resultado final a ser encontrado na ACV torna-se diversos ao encontrado por profissionais atuantes na área, sejam eles na pesquisa, ou ainda, atuantes na iniciativa privada, justificando ainda, a importância desta análise a ser realizada por um avaliador capacitado para coletar esses dados para posterior análise.

## Referências

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR ISO 14.040: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14.041: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Definição de objetivo e escopo e análise de inventário. Brasil, 2004.

BRANDALISE, J. N. Avaliação ecotoxicológica da cinza de casca de arroz. 104f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2018.

CIROTH, A. et al. openLCA 1.10 Comprehensive User Manual. 1. ed. Berlin. GreenDelta GmbH, Germany, 2020. Disponível em: [http://www.openlca.org/wp-content/uploads/2019/07/openLCA-1-9\\_User-Manual.pdf](http://www.openlca.org/wp-content/uploads/2019/07/openLCA-1-9_User-Manual.pdf). Acesso em: 03 jun. 2020.

CIROTH, A. et al. openLCA 1.9 Comprehensive User Manual. 1. ed. Berlin. GreenDelta GmbH, Germany, 2019. Disponível em: [http://www.openlca.org/wpcontent/uploads/2019/07/openLCA-1-9\\_User-Manual.pdf](http://www.openlca.org/wpcontent/uploads/2019/07/openLCA-1-9_User-Manual.pdf). Acesso em: 02 fev. 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Perspectivas para a agropecuária 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/perspectivaspara-a-agropecuaria>. Acesso em: 10 fev. 2019.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento Safrá 2019/20. Acompanhamento da safra brasileira - SAFRA 2019/20. Décimo levantamento - Julho 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos>. Acesso em: 08 set. 2020.

CONCEIÇÃO, J. Á. A indústria alimentícia na cidade de Pelotas (RS) e sua participação na divisão territorial do trabalho no Rio Grande do Sul: o caso do beneficiamento de arroz. 140f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande, 2015.

FEPAM. Artigos digitais para uso em SIG - base cartográfica digital do RS 1:250.000. Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler, Porto Alegre, 2005. Disponível em: [http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases\\_geo.asp](http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/geo/bases_geo.asp). Acesso em: 19 Jan. 2022.

FIRMINO, L. Q. Avaliação de ciclo de vida no beneficiamento do arroz. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Centro de Engenharias. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2021.



FREITAS, F. A. L. Diferenciação de trabalhadores em uma empresa industrial de beneficiamento de arroz no Rio Grande do Sul: Entre a rigidez e a flexibilidade. 127f. Dissertação (Mestrado em Sociologia). Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2014.

INÁCIO, R. M. Panorama da utilização de resíduos do beneficiamento do arroz para a geração de energia no Brasil e formas de aplicação. 98f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Biocombustíveis e Petroquímica). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Demografia das empresas: Coordenação de metodologia das estatísticas de empresas, cadastros e classificações. 2016. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101612.pdf>. Acesso em: 21 set. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília, 2018. Estimativa populacional 2018. 29 de agosto de 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/pelotas/panorama>. Acesso em: 18 jan. 2019.

IBGE. Geociências. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Brasília, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html>. Acesso em: 19 jan. 2022.

IRGA. Instituto Rio Grandense do Arroz. Boletim de resultados da lavoura de arroz - safra 2019/2020: Produção municipal. 2020. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/safras-2>. Acesso em: 05 set. 2020.

IRGA. Instituto Rio Grandense do Arroz. Arroz, área x produtividade, 2020. Disponível em: <https://irgaadmin.rs.gov.br/upload/arquivos/202001/24151001-arroz-rs-areaxprodutividade.pdf>. Acessado em: 20 set. 2020.

IBICT. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia - Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida - SICV Brasil. Brasília: IBICT, 2015. Disponível em: <http://acv.ibict.br/banco-nacional/o-que-e-sicv/>. Acesso em: 02 jun. 2020.

LIM, J. S. et al. A review on utilisation of biomass from rice industry as a source of renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.16, n.5, p.3084-3094, 2012.

KAYSER, V. H. et al. Beneficiamento do arroz no Rio Grande do Sul em 2016. *Lavoura Arrozeira*, v.65, n.469, p.43-45, 2017.

KLEIN, J. Biomassa é subutilizada no Rio Grande do Sul. 2020. Disponível em: <https://alfonsin.com.br/biomassa-subutilizada-no-rio-grande-do-sul/>. Acesso em: 28 set. 2020.



MENDES, N. C. Métodos e modelos de caracterização para avaliação de impacto do ciclo de vida: análise e subsídios para a aplicação no Brasil. 149f. Dissertação (em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade São Paulo. São Carlos, 2013.

MENDES, N. C.; BUENO, C.; OMETTO, A. R. Avaliação de impacto do ciclo de vida: revisão dos principais métodos. *Production*, v.26, n.1, p.160-175. 2016.

NABAVI-PELESARAEI, A. et al. Comprehensive model of energy, environmental impacts and economic in rice milling factories by coupling adaptive neuro-fuzzy inference system and life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, v.217, p.742-756, 2019.

QUISPE, I.; NAVIA, R.; KAHHAT, R. Energy potential from rice husk through direct combustion and fast pyrolysis: a review. *Waste Management*, v.59, n.1 p.200-210, 2017.

ROCHA, J. M. et al. Sistema de gestão ambiental nas agroindústrias de arroz do Rio Grande do Sul: entre avanços e limites. **In:** Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 30., 2010, São Paulo. Anais... São Paulo, 2010.

SAIDELLES, A. P. F. et al. Solid waste management in rice processing industries. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v.5, n.5, p.904-916, 2012.

SELLITTO, M. A.; VIAL, L. A. M.; VIEGAS, C. V. Critical success factors in Short Food Supply Chains: Case studies with milk and dairy producers from Italy and Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v.170, n.1, p.1361-1368, 2018/2019.

SHAFIE, S. M. et al. A review on electricity generation based on biomass residue in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.16, n.8, p.5879-5889, 2012.

SIMON, A. et al. Ciclo de vida de arroz branco produzido no rio grande do sul. **In:** Encontro dos Grupos Pet da Região Sul, 16, 2013, Rio Grande. Anais ... Rio Grande, 2013.

SIMON, M. A.; WOLFF, D. B. Gestão ambiental em cooperativa agrícola. *Disciplinarum Scientia Naturais e Tecnológicas*, v.13, n.1, p.49-67, 2012.

SOSBAI. Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. **In:** Reunião Técnica da Cultura do Arroz Irrigado, 32, 2018, Farroupilha. Anais... Farroupilha, 2018.

TEJERO, I. P. T.; CANTARELLI, R. B. Produção orizícola no município de São Gabriel, RS (Brasil). *Journal of the Selva Andina Biosphere*, v.8, n.2, p.80-91, 2020.



WALTER, J. P.; ROSSATO, M. V. Destino do resíduo casca de arroz na microrregião de Restinga Seca - RS: um enfoque à responsabilidade sócio ambiental. In: Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 6, 2010, Niterói. Anais... Niterói, 2010.



# EMBALAGENS CARTONADAS DE LEITE: UMA REVISÃO SOBRE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

**Francisca Moisés de Sousa**

Doutoranda em Eng. e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
fran\_moyeses@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-6152-480X>

**Viviane Farias Silva**

Dr. Prof. Adjunta, UFCG, Patos-PB, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

**Rebeca Moraes Silva Santos**

Doutoranda em Eng. e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
rebecamoraiscg@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-0867-2795>

**Mylena Olga Pessoa Melo**

Doutoranda em Eng. e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, mylenaopm@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-4007-3063>



## **Introdução**

A crescente preocupação com os impactos causados ao meio ambiente pelo acúmulo de resíduos sólidos devido ao consumo desenfreado de produtos, fez com que a sociedade e os órgãos responsáveis desenvolvessem uma série de legislações com objetivo de ajustar o crescimento econômico com as questões ambientais. Nesse contexto, é evidenciada a necessidade de uma transição para um modelo de economia que busque a integração de processos através da redução e reinserção dos resíduos gerados na cadeia produtiva (SAMPAIO & D'AGUIAR, 2020).

Sob essa perspectiva, a crescente preocupação com o meio ambiente faz com que as empresas invistam em novos materiais, tecnologias e processos que promovam sustentabilidade na cadeia produtiva e ajudem a posicionar sua marca de acordo com a expectativa dos consumidores (SÁ, 2019). Portanto, junto com o crescimento do consumo de bens pela população mundial, cresceu a necessidade de novas soluções para proteger e transportar os produtos consumidos. Sendo assim, uma das soluções encontradas foi a criação das embalagens cartonadas (longa vida), que de acordo com a Associação Brasileira de Embalagens (ABRE) são compostas por 6 camadas de diferentes materiais que criam barreiras contra luz, gases, água e microrganismos, conservando os alimentos (LEAL, 2019). Segundo Karaski (2016), sua composição média é de 75% de papel cartão, 20% de filmes de polietileno de baixa densidade e 5% de alumínio.

A reciclagem dessas embalagens é um processo mais complicado, devido a sua estrutura ser composta por três materiais diferentes. Apesar disso, têm uma maneira de efetuar o processamento do material visando a separação de seus componentes, sendo assim, de acordo com Ferreira et al. (2020), as embalagens são enviadas para uma indústria especializada, onde o papel é separado do polietileno e do alumínio, para depois ser convertido em diversos produtos. Para reagir às demandas da população por produtos recicláveis, empresas de embalagem cartonadas como a Tetra Pak iniciaram programas de reciclagem, e chegaram a atingir a marca de 30% das embalagens recicladas (LEAL, 2019).

Na busca pela melhoria de performance ambiental, uma ferramenta que permite a análise precisa dos impactos ambientais gerados por cada produto e embalagem é a avaliação de ciclo de vida (AVC). A ACV visa quantificar os recursos consumidos e as emissões geradas em todas as fases do ciclo de vida de um serviço, processo ou produto, de forma a analisar seus impactos sobre o meio ambiente e estudar questões relacionadas ao esgotamento de recursos naturais associados aos mesmos (IBICT, 2014). Esse método foi desenvolvido rapidamente durante a década de 90 devido às crescentes demandas por soluções sustentáveis e padronizado pela ISO (Organização Internacional para Normalização) 14040 e ISO 14044 em 2006 (GUINEE, 2011).

De acordo com Buxel et al. (2015), a análise de ciclo de vida pode ajudar a desenvolver novos produtos, novas estratégias de desenvolvimento, identificar problemas a montante e a jusante, gerar



programas de marketing ambiental e suprir demandas ecológicas dos consumidores, além de educar funcionários e gerar informações para os stakeholders.

Diante do presente contexto, este estudo objetiva realizar uma revisão integrativa sobre a avaliação do ciclo de vida de embalagens cartonadas utilizadas para o armazenamento de leite, com foco na redução de emissão de gases de efeito estufa (GEE).

## **Material e Métodos**

Por este trabalho foi realizado pesquisa bibliográfica acerca da aplicação de análise do ciclo de vida seguindo as orientações da NBR ISO 14040 e NBR ISO 14044 em embalagem cartonada de leite, levando em consideração também os diferentes cenários de disposição final como Reciclagem e Aterro Sanitário. Como unidade funcional foi definido o sistema de embalagens capaz de transportar e proteger do produtor ao cliente final 1000 ml de leite.

De acordo com Martins e Theóphilo (2016), a aplicação da pesquisa bibliográfica como método de pesquisa é uma estratégia baseada em referencias publicadas em livros, periódicos, entre outros, no intuito de descrever sobre uma determinada temática, sendo considerado uma forma científica fundamental de toda pesquisa.

Deste modo, utilizando pesquisa bibliográfica mais relevante e atual, foram pesquisados artigos científicos publicados entre 2011 e 2020.

## **Resultados e Discussão**

A primeira etapa na definição da análise de impacto do ciclo de vida de um produto é definir os indicadores usados para medir o impacto ambiental (BARBOSA, 2021). A partir dos resultados obtidos observa-se que para as embalagens cartonadas de leite, as principais fases são materiais, manufatura, transporte, uso, disposição final e recuperação no fim da vida.

Foram observados nessa pesquisa que dentre os impactos ambientais mais preocupantes causados pelas embalagens, destaca-se o aquecimento global, portanto faz-se necessário uma análise com relação a medida de como uma determinada quantidade de gás de efeito estufa (GEE) contribui para o aquecimento global de acordo com cada fase realizada nas embalagens cartonadas de leite.

No estudo realizado por Leal (2019), ao analisar o ciclo de vida da embalagem cartonada de leite em dois cenários de destinação final realizados em São Paulo - SP, foi calculado um total de 68 kg CO<sub>2</sub> eq tanto para o cenário de aterro sanitário quanto para o cenário de reciclagem (Tabela 1). Os resultados fornecidos são calculados em relação às emissões da unidade funcional de pesquisa, que é um sistema de embalagem capaz de transportar e proteger 1.000 litros de leite.

De acordo com as metas da política nacional dos resíduos sólidos, é recomendado o reuso, reciclagem ou aterro sanitário nessa ordem de prioridade. Segundo Uemura e Comini (2017) esta



política prevê a redução na geração de resíduos, propondo a prática de 3 hábitos de consumo sustentáveis e instrumentos que propiciem o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (quando tiverem valor econômico, podem ser reciclados ou reaproveitados) e a destinação ambientalmente adequada de rejeitos (o que não pode ser reaproveitado ou reutilizado).

Tabela 1. Emissões de GEE por etapa da embalagem cartonada

<b>Fase</b>	<b>Reciclagem (kg CO<sub>2</sub> eq)</b>	<b>Aterro Sanitário (kg CO<sub>2</sub> eq)</b>
Material	63	63
Manufatura	4	4
Transporte	1	1
Uso	0	0
Disposição final	1	0
Recuperação no fim de vida	1	0
<b>Total</b>	<b>68</b>	<b>68</b>

Fonte: adaptado de Leal (2019).

As fases material e manufatura se ressaltaram como as etapas críticas destacando-se como as principais emissoras, reunindo emissões de gases do efeito estufa de maior significância que as outras etapas. Nessas etapas estão as maiores oportunidades de mitigação dos impactos ambientais, pois mesmo uma pequena redução percentual nas emissões pode reduzir significativamente as emissões absolutas do sistema. A reutilização das embalagens reduz a emissão na fase material e manufatura, mas apresenta um grande aumento percentual na fase transporte devido a inclusão de logística reversa, porém, em números absolutos, o aumento das emissões devido ao processo de logística reversa, é muito inferior à redução de emissão devido a reutilização das embalagens (LEAL, 2019).

Leal (2019) considerou apenas a reciclagem parcial da embalagem cartonada, onde apenas o cartão foi reaproveitado.

Analisando a Tabela 1, nota-se que a reciclagem parcial da embalagem cartonada apresentou emissões de GEE semelhantes a embalagem depositada em aterro sanitário, isso acontece, pois, a própria produção de novo cartão captura muito carbono devido ao crescimento de florestas artificiais. Entretanto, quando comparada a outras embalagens utilizadas para armazenar o leite como vidro e PEAD (Polietileno de Alta Densidade), a embalagem cartonada apresenta a menor pegada de CO<sub>2</sub> (68 kg CO<sub>2</sub> eq).

Ao considerar a comparação com outras embalagens, tanto o estudo de Leal (2019) quanto outros estudos como de Bertolini et al. (2016), são unânimes em considerar que a emissão de GEE das embalagens cartonadas são inferiores aos das embalagens de PEAD em todos os cenários. Bertolini et al. (2016), além de calcularem a emissão de GEE, também calcularam uma série de potenciais impactos como: demanda de energia acumulada, potencial fotoquímico de criação de ozônio, depredação de



ozônio estratosférico, potencial de toxicidade humana, potencial de acidificação e potencial de eutrofização. A embalagem cartonada apresentava desempenho inferior ao PEAD apenas em potencial de eutrofização e depredação de ozônio estratosférico. Outro estudo com dados fornecidos pela indústria brasileira mostrou uma situação em que usar máquinas da Tetra Pak para reciclar 70% das embalagens resultará em uma redução de 48% nas emissões de gases de efeito estufa.

De acordo com Uemura e Comini (2017), a Tetra Pak iniciou a realização do inventário de carbono em 2012, complementando suas ações de monitoramento e medição de impactos ambientais, envolvendo também neste processo a avaliação das emissões da cadeia produtiva e dos resíduos de pós-consumo. Este inventário é feito conforme os critérios do GHG (GreenHouse Gases) Protocol 2, porém não é submetido a auditorias externas, por decisão da empresa. São abordados três escopos de análise:

Emissões Diretas (escopo 1): provenientes de fontes que pertencem ou são controladas pela organização, como GLP, gás natural, gases de refrigeração, gasolina, CO<sub>2</sub>, extintores de incêndio e ETE;

Emissões Indiretas (escopo 2): por uso de eletricidade, energia elétrica importada de distribuição;

Outras Emissões Indiretas (escopo 3): consequência das atividades da organização, mas que ocorrem em fontes que não pertencem ou não são controladas por ela, como transporte, resíduos e viagens aéreas.

Segundo a regulamentação da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), não é permitido o uso de materiais reciclados na composição das embalagens, portanto a Tetra Pak busca utilizar os diversos produtos provenientes da reciclagem das embalagens cartonadas pós-consumo, como sacolas, cartões de visitas, envelopes, canetas e outros itens de escritório.

No estudo realizado por Leal (2019), também foi realizada uma análise de forma individual indicando as emissões para a produção de cada material de acordo com a Tabela 2. O cartão é o principal responsável pelas emissões com 46% das emissões totais da fase, entretanto, notável que o alumínio, apesar de apresentar apenas 5% da massa total da embalagem, apresente 35% das emissões totais na fase material.

Tabela 2. Emissões de GEE na fase material da embalagem cartonada

<b>Fase material</b>	<b>Emissões (kg CO<sub>2</sub> eq)</b>	<b>Emissões (%)</b>
PEAD	10	19
Cartão	25	46
Alumínio	19	35

Fonte: adaptado de Leal (2019).



É interessante notar que a fase material do alumínio, apesar de sua pequena massa total de 5%, apresenta uma quantidade considerável das emissões totais da fase material da embalagem, portanto caso fosse possível reduzir a quantidade de material utilizado na camada, o impacto nas emissões totais da embalagem seria considerável.

Uemura e Comini (2017) analisando a atuação da fábrica Tetra Pak, descreveram em seu estudo que a empresa desenvolveu uma nova técnica para reciclar embalagens cartonadas, transformando-as em peças de polpa moldada, no qual o material resultante substitui calços feitos de isopor (derivado do petróleo) usados no transporte e proteção de aparelhos eletroeletrônicos, em tubetes para mudas de plantas, etc. Para a reciclagem do polietileno e do alumínio, há três processos diferentes, uma das opções é a fabricação de placas e telhas por prensagem a quente do material; outra possibilidade é a produção de pellets (granulados) de polietileno e alumínio para peças diversas, como canetas, capas de caderno, pastas, pisos desmontáveis, lixeiras, entre outros itens; o terceiro processo possível foi desenvolvido em 2005 pela Tetra Pak, em parceria com as empresas Klabin, Alcoa e TSL Ambiental, e possibilitou a separação total das camadas de polietileno e alumínio por meio de uma tecnologia de separação térmica. Os produtos originados são o alumínio em pó ou em barra (usado na composição de tintas metálicas ou peças para a indústria de fundição) e a parafina (utilizada na produção de impermeabilizantes, lubrificantes ou como matéria-prima para a indústria química).

Uma recente avaliação do ciclo de vida em toda a Europa, conduzido pelo Instituto de Pesquisa Energética e Ambiental (IFEU), em que todos os fatores e processos-chave dentro dos ciclos de vida de várias soluções de embalagem foram avaliados:, desde a extração e refino da matéria-prima usada, passando pela produção da embalagem, distribuição até o estágio de varejo e a reciclagem ou descarte da embalagem após o uso. Em cada estágio da análise, as categorias-chave de impacto ambiental foram investigadas e avaliadas. Os resultados obtidos confirmaram que, comparadas às garrafas descartáveis PEAD e PET, as embalagens cartonadas de leite UHT possuem um perfil ambiental melhor – particularmente em relação à emissão de CO<sub>2</sub>, uso de recursos fósseis e consumo de energia primária.

No formato de 1 litro, as embalagens cartonadas geram 34% menos CO<sub>2</sub>, usam 56% menos recursos fósseis e consome 30% menos energia primária, comparadas com as garrafas multicamadas PEAD; quando comparadas com as garrafas descartáveis PET, essas cifras são de 45% para CO<sub>2</sub>, 57% para recursos fósseis e 36% para energia primária. O estudo comparativo e independentemente sobre o impacto ambiental das soluções de embalagem de leite UHT aponta como fator chave o ótimo desempenho da principal matéria-prima renovável e do uso eficiente dos recursos, contribuindo com os resultados positivos da embalagem cartonada, que é feita com cerca de 75% de fibras de madeira renovável.

De acordo com a literatura, o principal obstáculo para aumentar a reciclagem pós-consumo é a coleta seletiva. Além de ações educativas de conscientização pública, é necessário formular políticas públicas para a efetivação da coleta seletiva e procedimentos adequados de destinação final.



Para pesquisas futuras, recomenda-se a realização de pesquisas envolvendo a logística reversa de outros produtos pós-consumo e seus benefícios, principalmente pesquisas relacionadas à redução de emissões de gases de efeito estufa. Além disso, a análise de outros artigos participantes da cadeia de logística reversa, como pontos de coleta, cooperativas de reciclagem e empresas de reciclagem, também pode trazer uma contribuição significativa para o tema.

## **Conclusão**

De acordo com os resultados obtidos, a embalagem cartonada quando comparada a outras embalagens utilizadas para armazenar o leite, como vidro e PEAD, possui a menor pegada de CO<sub>2</sub> (68 kg CO<sub>2</sub> eq).

Pelos resultados, comparadas às garrafas descartáveis PEAD e PET, as embalagens cartonadas de leite UHT possuem um perfil ambiental melhor, particularmente em relação à emissão de CO<sub>2</sub>, uso de recursos fósseis e consumo de energia primária.

Verificou-se ainda que, embora métricas voltadas à redução de GEE não sejam o foco da Tetra Pak, foi possível constatar a forte atuação da empresa em ações que buscam reduzir o impacto ambiental causado pelo seu processo produtivo e por suas embalagens.

## **Referências**

- BARBOSA, T. M. Indicadores de desempenho sustentável: revisão e aplicação em pneus verdes. 2021. 115f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química). Escola de Engenharia. Universidade Federal Fluminense. Niterói, 2021.
- BERTOLINI, M.; BOTTANI, E.; VIGNALI, G.; VOLPI, A. Comparative life cycle assessment of packaging systems for extended shelf life milk. *Packaging Technology and Science*, v.29, n.10, p.525-546, 2016.
- BUXEL, H.; ESENDURAN, G.; GRIFFIN, S. Strategic sustainability: Creating business value with life cycle analysis. *Business Horizons*, v.58, n.1, p.109-122, 2015.
- FERREIRA, A. R. S. V.; RAMOS FILHO, F. G.; MELO, V. A.; PEREIRA, P. S. C. Embalagens cartonadas assépticas: uma revisão sobre os métodos de reciclagem mais empregados. *Brazilian Journal of Development*, v.6, n.7, p.46336-46340, 2020.
- GUINEE, J. B.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; ZAMAGNI, A.; MASONI, P.; BUONAMICI, R.; EKVALL, T.; RYDBERG, T. Life cycle assessment: past, present, and future. *Environmental, Science e Technology*, v.45, n.1, p.90-96, 2011.
- IBICT. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. Desenvolvimento sustentável e avaliação do ciclo de vida. Brasília: IBICT, 2014. 33p.



KARASKI, T. U.; RIBEIRO, F. M.; PEREIRA, B. R.; ARTEAGA, L. P. S. Embalagem e Sustentabilidade: Desafios e Orientações no Contexto da Economia Circular. São Paulo: CETESB, 2016. 39p. Disponível em: [https://www.cetesb.sp.gov.br/media/embalagem\\_sustentabilidade.pdf](https://www.cetesb.sp.gov.br/media/embalagem_sustentabilidade.pdf).

LEAL, F. V. S. Análise de ciclo de vida da embalagem cartonada de leite. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2019.

MARTINS, G. de A.; THEÓPHILO, C. R. Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2016. 264p.

SÁ, B. C. Extensão do ciclo de vida das embalagens. 186f. Dissertação (Mestrado em Design de Produto e Espaço). Instituto de Arte, Design e Empresa. Universidade Europeia. Portugal, 2019.

SAMPAIO, T. C. D. O.; D'AGUIAR, V. R. F. Estudo comparativo das pegadas ambientais de xampu sólido e xampu líquido convencional por Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). 98f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2020.

UEMURA, M. R. B.; COMINI, G. M. A logística reversa de embalagens cartonadas e a redução de emissão de gases de efeito estufa. In: Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 16, 2017, São Paulo. Anais.... São Paulo: 2017.



# INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA (ICV) PARA A PRODUÇÃO DE FRANGO DE CORTE

**Wanessa Alves Martins**

*Doutoranda em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
wanessamartins.eng@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-2108-2530>

**Viviane Farias Silva**

*Dra. Profa. Adjunta, UFCG, Campina Grande-PB, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br*

 <https://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

**Lílian de Queiroz Firmino**

*Mestre em Ciências Ambientais, UFPEL, Pelotas-RS, naililufcgcta@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-3919-4100>



## **Introdução**

Com o aumento da população mundial que passará de 7,7 bilhões em 2019 para 8,5 bilhões até 2030, têm-se previsto investimentos na agricultura sustentável, na concessão de sistemas de proteção social e conseqüentemente haverá aumento de suínos e aves em comparação aos ruminantes (ONU, 2019; FAO, 2003). A carne de ave é a segunda mais consumida mundialmente, só perdendo para a carne suína e deverá assumir a liderança no futuro (FAOSTAT, 2019; OECD-FAO, 2015; ALEXANDRATOS & BRUINSMA, 2012).

O elevado consumo e a demanda estimada vêm colaborando para que a produção de proteína animal se intensifique em sistemas agropecuários confinados de larga escala. Portanto, a produção avícola vem ganhando destaque no cenário mundial mostrando ser uma alternativa eficaz para o fornecimento deste tipo de proteína a um custo relativamente baixo quando comparado à produção suína e bovina (CARVALHO, 2018).

O melhoramento das taxas de conversão alimentar, pesquisas genéticas, tecnologias de nutrição animal, crescimento de aviários automatizados e práticas de manejo da produção corretas podem ser considerados como alguns fatores que justificam o volume de carne citado anteriormente e a capacidade da produção brasileira de frango de corte (DE SOUSA, 2018).

Em contrapartida, esse crescimento cada vez maior da produção de frangos de corte aliado a sistemas cada vez mais intensivos, propicia um aumento na produção de dejetos. O aumento destes rejeitos é um dos fatores significativos na emissão de gases para a atmosfera. Assim, o substrato utilizado para a cama pode influenciar na taxa de emissão de gases, principalmente levando em consideração o desequilíbrio entre temperatura, pH da cama, teor de umidade e a ventilação do ambiente, todas essas condições em altas taxas propícias à atividade microbiana e conseqüentemente a formação de volatilização de gases (LIMA, 2019; DE SOUSA, 2018; GARCIA et al., 2012; VON BOBRUTZKI et al., 2011; TOGHYANI et al., 2010; SIEFERT & SCUDLARK, 2008).

Desta forma, torna-se importante a utilização de ferramentas que analisem a sustentabilidade de uma produção e avaliem seus impactos ambientais (CESARI et al., 2017). Assim, a Avaliação do Ciclo de Vida vem se tornando uma ferramenta fundamental tanto para quantificar os impactos ambientais, como para entender quais os melhores métodos de produção (LIMA et al., 2015; IPCC, 2006).

Nesse contexto, a presente pesquisa tem por objetivo a realização do inventário do ciclo de vida da cadeia produtiva de frango de corte.

## **Referencial Teórico**

### ***Cadeia Produtiva da Avicultura de Corte***



A produção avícola de corte é caracterizada por duas cadeias (principal e auxiliar). A cadeia principal é formada por seis elos (avozeiro, matrizeiro, incubatório, aviário, frigorífico, varejista e consumidor). Já a cadeia auxiliar cinco elos (pesquisa e desenvolvimento genético, medicamentos, milho, soja e outros insumos, equipamentos e embalagens) (MICHELS & GORDIN, 2004). A representação da cadeia produtiva da avicultura de corte pode ser visualizada na Figura 1.

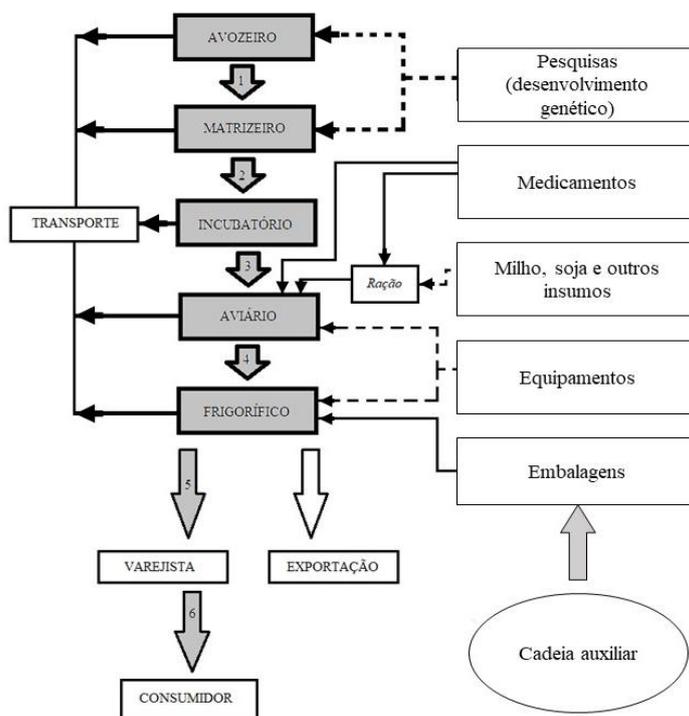


Figura 1. Fluxograma da cadeia produtiva da avicultura de corte.

Fonte: Adaptado de Michels e Gordin (2004); Voila e Triches (2015).

No primeiro elo da cadeia produtiva principal fica o avozeiro, neste local ficam as poedeiras avós, que são originadas da importação de ovos das linhagens avós, as mesmas são cruzadas para produzir as matrizes, responsáveis por gerar os frangos comerciais criados para o abate. O matrizeiro é o segundo elo dessa cadeia, e geralmente pertence a agroindústria onde se originam os ovos. O incubatório/nascedouro é o terceiro elo e também pertence a agroindústria que recebem os ovos para chocá-los, e em seguida passam para os nascedouros, tendo como objetivo dar origem aos pintinhos que serão encaminhados para os aviários após algumas horas do seu nascimento (VOILA & TRICHES, 2015).

O aviário é o quarto elo dessa cadeia, sendo responsável pela etapa de produção, caracterizada pelos contratos de integração entre produtores e empresários. O frigorífico é o quinto elo da cadeia produtiva também conhecido como abatedouro, sendo de onde se origina o produto final (frango resfriado, congelado, inteiro e em cortes/pedaços). As principais etapas do abate são: recepção,



atordoamento, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração, lavagem, pré-resfriamento, gotejamento, pré-resfriamento de miúdos, processamento de pé, classificação, cortes, embalagem, congelamento e expedição.

O sexto elo da cadeia é o segmento varejista, que inclui empresas de distribuição para o mercado interno e externo. O último elo dessa cadeia produtiva é o consumidor, representado tanto pelo mercado nacional como pelo internacional (VOILA & TRICHES, 2015; MICHELS & GORDIN, 2004).

### ***Impactos Ambientais da Produção Avícola***

A produção avícola é uma atividade passível de ocasionar impactos ao meio ambiente, pois utiliza recursos naturais, como água e solo, e, principalmente, pode causar degradação ambiental pela emissão de gases, odores e poeiras; no uso incorreto das camas e esterco como adubo; no lançamento de efluentes em corpos d'água e na incorreta disposição das carcaças de animais mortos (PALHARES, 2011).

A água é um recurso imprescindível a vida, e por isso tem despertado maiores preocupações na sociedade, principalmente em regiões semiáridas do Nordeste brasileiro. Assim, como toda a atividade pecuária, na avicultura esse recurso é bastante necessário, tanto para a dessedentação das aves, como para a higienização dos galpões, entre outros (PALHARES, 2011).

A atividade avícola pode impactar a água de várias formas, que vai desde o incorreto dimensionamento ou manejo dos bebedouros causando desperdícios, rações mal balanceadas com elevado nível de sais, que aumentarão o consumo de água pelas aves, até o lançamento dos efluentes no solo, podendo poluir e contaminar as águas superficiais e subterrâneas (PALHARES, 2011; BANCO DO NORDESTE, 1999).

Segundo o Banco do Nordeste (1999), no confinamento das aves podem ocorrer perdas de nutrientes para o meio ambiente, devido à deposição dos excrementos no forro dos aviários onde estão confinados. O acúmulo destes excrementos, pode gerar um problema de poluição, caso não tenha um manejo adequado desse material. Dentre os elementos presentes nesses resíduos, os que apresentam maiores riscos para os corpos hídricos são o nitrogênio e o fósforo (ALBERTA AGRICULTURE AND RURAL DEVELOPMENT, 2010; PALHARES, 2011).

O uso inadequado dos resíduos como fertilizantes é a forma mais comum de poluição e contaminação dos solos. Em regiões, onde são utilizados os resíduos avícolas por um longo período de tempo, detecta-se altas concentrações de nitrogênio, fósforo e potássio (PALHARES, 2011). O autor ainda afirma que, estudos para avaliar impactos que os resíduos avícolas podem causar na microbiota dos solos são escassos, pois o uso de antibióticos é uma prática comum da produção de frango de corte, mas o impacto que este uso pode causar nos microorganismos do solo ainda são desconhecidos.

Os solos são a base na qual sustenta praticamente toda a atividade agropecuária. Portanto, sua preservação é essencial para a sustentabilidade e a produção dos bens necessários à própria



sobrevivência do homem. Práticas inadequadas que não consideram os atributos fundamentais dos solos podem levar à erosão, perda de nutrientes e contaminação (PEJON et al., 2013).

A produção de gases pela atividade avícola são consideradas como fontes estacionárias de emissão, ou seja, aquelas produzidas em um local específico. Emissões de gases do efeito estufa (GEE) são os tem causados maiores conflitos nas regiões produtoras. Esses problemas são mais conflituosos em aviários que estão localizados próximos a áreas urbanas e manejo incorreto da cama. As poeiras emitidas pela produção de frango de corte são compostas por partículas de diversos tamanhos e de origem orgânica e inorgânica (PALHERES, 2011).

A fração orgânica é composta por emissões das fezes, urina, rações, fungos, bactérias e endotoxinas e representa de 70 a 90% da poeira no interior do galpão. Já a inorgânica é composta por aerossóis. Essas poeiras podem atuar como condutoras de odores. Os principais fatores que afetam a concentração de poeiras no interior dos galpões são: tipo de ave, material utilizado para forrar o aviário, estado sanitário, temperatura, umidade, sistema de ventilação, densidade e o tipo de ração (PALHERES, 2011).

### ***Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida - ACV***

A ACV pode ser compreendida como um processo que consiste na comparação dos impactos ambientais causados por diferentes sistemas que apresentam funções semelhantes (SOARES et al., 2006). A norma ISO 14.040 (2014) define como um método para avaliar aspectos ambientais e impactos potenciais associados a um produto ao longo de toda sua vida, desde a aquisição da matéria prima até sua disposição em forma de resíduo. A estrutura da ACV está dividida em quatro etapas descritas pela norma ISO 14.040 (2009) (Figura 2), como: Definição do Objetivo e Escopo; Análise do Inventário; Avaliação de Impacto e Interpretação dos resultados (ABNT, 2009).

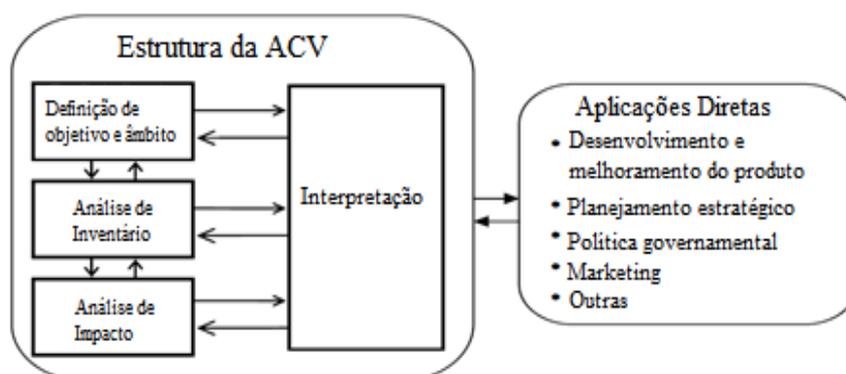


Figura 2. Estrutura da Avaliação do Ciclo de Vida - ACV.

Fonte: ISO 14.040 (ABNT, 2009).



O objetivo e o escopo de um estudo de ACV devem ser consistentes com a aplicação que se pretende realizar. São descritos os elementos base da pesquisa, requerendo para tanto: a definição das funções e as fronteiras do sistema a ser estudado, a unidade funcional, os procedimentos de alocação, tipos de impacto, metodologia de avaliação de impacto e interpretação a ser usada, requisitos dos dados, suposições, limitações, requisitos da qualidade dos dados iniciais, tipo de análise crítica e, tipo e formato do relatório requerido para o estudo (ABNT, 2009).

As fronteiras do sistema definem as unidades de processo incluídas na ACV, a unidade funcional consiste na unidade de medida para assegurar a comparação de resultados em uma base comum (ABNT, 2009). A análise do inventário tem início com a coleta de dados para quantificar as entradas e saídas pertinentes a um sistema. Estas entradas e saídas podem incluir o uso de recursos e liberações no ar, na água e no solo associados com o sistema (ABNT, 2009). Esta fase envolve a construção do balanço de massa e energia para cada etapa do ciclo de vida.

Em seguida, as análises de entrada e saída para cada etapa podem combinar-se resultando no Inventário do Ciclo de Vida (ICV) do sistema como um todo (MCDUGALL et al., 2004). Para a avaliação do impacto do ciclo de vida são considerados os impactos ambientais potenciais, utilizando os dados da análise do ICV. Desta forma, o nível de detalhamento, a escolha dos impactos avaliados e as metodologias irão depender do objetivo e do escopo do estudo (ABNT, 2009).

A fase de interpretação é a fase da ACV na qual as verificações da análise do inventário e da avaliação de impacto podem se tornar resultados e recomendações para os tomadores de decisão, de maneira consistente com o objetivo e o escopo do estudo (ABNT, 2009).

### ***Utilização da Ferramenta ACV na Produção Avícola***

Com o intuito de melhorar a sustentabilidade ambiental do sistema pecuário, incluindo a produção de aves, a obtenção de uma ferramenta sistemática que possa quantificar holisticamente o nível de impactos ambientais decorrentes da produção e identifique as áreas-alvo de potencial impacto para o meio ambiente deve ser um dos primeiros requisitos a serem analisados (LEINONEM & KYRIAZAKIS, 2016).

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para quantificar os impactos ambientais dessa atividade é atualmente uma proposta, e vem sendo discutida como parte do desenvolvimento de abordagens para avaliação das consequências desses impactos, principalmente no que se refere as questões climáticas (LIMA, 2019).

O desempenho ambiental da produção de carne de frango pode ser avaliado utilizando a ACV com foco nas categorias de impactos mais importantes como: potencial de aquecimento global, potencial de acidificação, potencial de eutrofização e depleção de ozônio (SKUNCA et al., 2018).



### Inventário de Ciclo de Vida – ICV

O inventário da produção de Frango corte deverá considerar todos os fluxos de entradas e saídas da produção de ração e produção de frango, com o intuito de avaliar o impacto ambiental do produto até o portão da granja. Neste inventário não foram considerados os medicamentos, material de limpeza, material de construção, e todos os processos que ocorreram fora da granja, como abate e processamento (Figura 3).

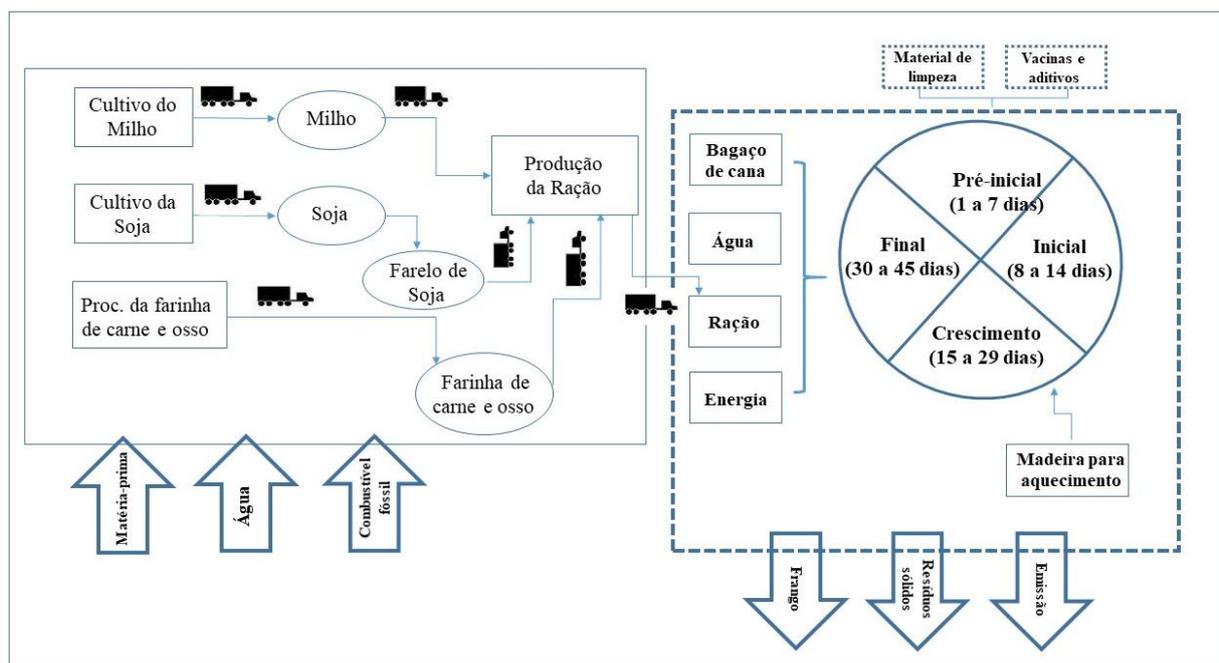


Figura 3. Fluxograma da Produção de Ração e da Produção de Frango de Corte.

Fonte: Adaptado de Lima (2019) e Pacheco et al. (2018).

Dados de entrada da produção de ração: quantificação da quantidade necessária dos ingredientes para produzir 1 kg de frango vivo (Milho, Farelo de soja, Farinha de carne e osso, Calcário, Bicarbonato de sódio, L-lisina HCL, Premix vitaminas, DL-metionina, Cloreto de sódio, Premix minerais e Enzimas) e o consumo de eletricidade, diesel e água para a produção da ração.

Dados de entrada da produção de Frango: quantidade de entrada de pinto de um ciclo ração, energia, eletricidade, diesel, gasolina, água, transporte ração, transporte dos pintos, bagaço e madeira para aquecimento.

Dados de saída da produção de ração e da produção de frango de corte: Destes dois processos são liberados emissões para o ar e para a água e produção de resíduos sólidos que podem contaminar os solos e a saúde da população.



## Considerações Finais

As atividades humanas são sempre passíveis de ocasionar impactos ambientais ao meio ambiente, dessa forma avaliar o desempenho ambiental de um produto, serviço e/ou processo se torna primordial nos nossos dias. A realização do inventário do ciclo de vida se refere à identificação dos principais dados de entrada e de saída, sendo uma das etapas mais complicadas e que requer uma observância criteriosa de todas as etapas que envolvem um produto e/ou processo.

Assim, para a ACV da produção de Frango de Corte devem ser considerados como dados de entrada, a quantidade de entrada de pinto de um ciclo, ração, energia, eletricidade, diesel, gasolina, água, transporte da ração, transporte dos pintos, bagaço de cana e madeira para aquecimento. Já os dados de saída são o frango, as emissões gasosas, líquidas e de resíduos sólidos oriundos de todas as etapas de produção.

## Referências Bibliográficas

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14040: 2009. Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. 2. ed. Rio de Janeiro, 2009.

ALBERTA AGRICULTURE AND RURAL DEVELOPMENT. Beneficial Management Practices. Environmental Manual for Livestock Producers in Alberta. Alberta Agriculture and Rural Development Canada, 2010. 96p. Disponível em: [https://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex13088/\\$file/400\\_28-2.pdf?OpenElement](https://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex13088/$file/400_28-2.pdf?OpenElement) Acesso em: 19 /10/2021.

ALEXANDRATOS, N.; BRUINSMA, J. World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision. 474 ESA Working paper. No. 12-03. Rome, FAO, 2012.

BANCO DO NORDESTE. Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas. (Org) DIAS, M. DO C. O.; PEREIRA, M. C. B.; DIAS, P. L. F.; VIRGÍNIO, J. F. Fortaleza, 1999. 297p.

CARVALHO, M. D. Ecoeficiência em sistemas de produção de frangos de corte. 111f. Dissertação (Mestrado em Agronegócios). Faculdade de Administração. Ciências Contábeis e Economia. Universidade Federal da Grande Dourados. Grande Dourados, 2018.

CESARI, V.; ZUCALI, M.; SANDRUCCI, A.; TAMBURINI, A.; BAVA, L.; TOSCHI, I. Environmental impact assessment of an Italian vertically integrated broiler system through a Life Cycle approach. *Journal of Cleaner Production*, v.143, p.904-911, 2017.

DE SOUSA, F. C. Potencial de geração e emissão de amônia pela avicultura de corte do Brasil. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2018.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/CL>. Acesso em: 04 de dez de 2021.



- FAO. Food and Agriculture Organization. World Agriculture: Towards 2015/2030 an FAO Perspective. (Ed) BRUINSMA, J. Earthscan Publications Ltd, London, 2003. 444p.
- GARCIA, R. G.; ALMEIDA PAZ, I. C. L.; CALDARA, F. R.; NÄÄS, I. A.; PEREIRA, D. F.; FERREIRA, V. M. O. S. Selecting the most adequate bedding material for broiler production in Brazil. *Braz. J. Poult. Sci.*, v.14, p.121-127, 2012.
- IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Secretariat, Geneva. 2006.
- LEINONEN, I. L.; KYRIAZAKIS, I. How can we improve the environmental sustainability of poultry production? *Proceedings of the Nutrition Society*, v.75, n.3, p.265-273, 2016.
- LIMA, N. D. da S. Estimativa dos impactos ambientais no processo produtivo de frangos de corte. Tese (Doutorado). Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2019.
- LIMA, N. D. S.; GARCIA, R. G.; NÄÄS, I. A.; CALDARA, F. R.; PONSÓ, R. Model-predicted ammonia emission from two broiler houses with different rearing systems. *Scientia Agricola*, v.72, n.5, p.393-399, 2015.
- MICHELS, I.; GORDIN, M. H. O. *Avicultura*. Campo Grande, Editora UFMS, 2004.
- OECD-FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2015. *OECD-FAO Agricultural Outlook*. OECD Publishing, Paris. 2015.
- ONU. Organização das Nações Unidas. *Perspectivas da População Mundial 2019*. Disponível em: <https://population.un.org/wup/>. Acesso em: 17 de jul de 2019.
- PALHARES, J. C. Impacto ambiental da produção de frangos de corte – revisão do cenário brasileiro. In: PALHARES, J. C. P.; KUNZ, A. (Ed.). *Manejo ambiental na avicultura*. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 11-34, 2011.
- PEJON, O. J.; RODRIGUES, V. G. S.; ZUQUETTE, L. V. Impactos ambientais sobre o solo. In: CALIJURI, M. do C.; CUNHA, D. G. F. *Engenharia ambiental: conceitos, tecnologia e gestão*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- SIEFERT, R. L.; SCUDLARK, J. R., Determination of ammonia emission rates from a tunnel ventilated chicken house using passive samplers and a Gaussian dispersion model. *J. Atmos. Chem.*, v.59, p.99-115, 2008.
- SOARES, S. R.; SOUZA, D. M.; PEREIRA, S. W. A Avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. In: *Construção e Meio Ambiente*. (Ed) SATTLER, M. A.; PEREIRA, F. O. R.. Coleção Habitare, v.7. Porto Alegre: ANTAC, 2006.
- SKUNCA, D.; TOMASEVIC, I.; NASTASIJEVIC, I.; TOMOVIC, V.; DJEKIC, I. Life cycle assessment of the chicken meat chain. *Journal of Cleaner Production*, v.184, p.440-450, 2018.
- TOGHYANI, M.; GHEISARI, A.; MODARESI, M.; TABEIDIAN S. A.; TOGHYANI, M. Effect of different litter material on performance and behavior of broiler chickens. *Applied Animal Behaviour Science*, v.122, p.48-52, 2010.



VOILA, M.; TRICHES, D. A cadeia de carne de frango: uma análise dos mercados brasileiro e mundial de 2002 a 2012. *Revista Teoria e Evidência Econômica*, v.21, n.44, p.126-148, 2015.

VON BOBRUTZKI, K.; MÜLLER, H. J.; SCHERER, D. Factors affecting the ammonia content in the air surrounding a broiler farm. *Biosyst. Eng.*, v.108, p.322-333, 2011.



# AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA: PESQUISA CIENCIOMÉTRICA

**Miriam Sousa Martins**

*Mestranda em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande –PB,  
miriam2009souza@hotmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-3512-4770>

**Viviane Farias Silva**

*Profa. Adjunta, UFCG, Patos–PB, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br*

 <https://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

**Isabelle Monteiro De Souza César**

*Gestora Ambiental, UFCG, Campina Grande-PB, bellemonteiro@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0001-8892-7588>

**Igo Marinho Serafim Borges**

*Mestrando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande –PB,  
igomarinho27@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-3662-1859>

**Ana Maria Ferreira Cosme**

*Mestre em Recursos Naturais-UFCG, Campina Grande-PB, anamfcosme@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0002-1342-1950>*

**Wanessa Alves Martins**

*Doutoranda em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande –PB,  
wanessamartins.eng@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-2108-2530>



## **Introdução**

Os impactos ambientais causados pela ação antrópica trazem muita preocupação para a sociedade uma vez que os mesmos desencadeiam dentre outros problemas, a escassez de matérias primas, acumulação de resíduos, aquecimento global, destruição da camada de ozônio, logo, se faz necessário a utilização de técnicas que minimizem esses impactos ambientais buscando soluções sustentáveis, dentre as técnicas utilizadas, destacando-se a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

De acordo com Filho et al. (2016), a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta de gestão utilizada para calcular as entradas e saídas de um sistema de produção com o objetivo de avaliar o desempenho ambiental de um produto em diferentes fases do seu ciclo de vida, e reitera que a mesma havia sido manuseada em todo o mundo para orientar ações para melhorar o desempenho e a inovação do sistema produtivo, tendo em vista a sustentabilidade ambiental. No entanto, mesmo com a disseminação generalizada da ACV internacionalmente, a ferramenta ainda é pouco utilizada e aplicada no Brasil.

Alves et al. (2018) concordam que, a ACV é um método utilizado para estudar a carga ambiental associada às diferentes etapas de um sistema ou produto, investigando e quantificando a energia e os materiais necessários (insumos) e os resíduos e emissões lançados no meio ambiente. A Análise do Ciclo de Vida do Produto (ACV) aborda todos os possíveis fatores e impactos ambientais ao longo do ciclo de vida do produto, incluindo as atividades de extração e aquisição de matérias-primas, bem como produção, uso, reciclagem e disposição final. A ISO 14040 (2006) informa que, a análise do ciclo de vida do produto visa analisar cientificamente as questões ambientais relacionadas a um produto ou processo, evitando uma análise superficial de seu impacto, o processo inclui avaliar o impacto ambiental associado ao consumo e emissões identificadas e interpretar o impacto dos resultados no produto ou processo.

A Norma ISO 14040 oferece princípios e estruturas e alguns requisitos metodológicos para condução de estudos de ACV, onde detalhes relativos aos métodos são fornecidos nas Normas complementares ISO 14041, ISO 14042 e ISO 14043, em relação às diversas fases da ACV.

O primeiro estudo de ACV, denominado REPA (Resource and Environmental Profiling), foi realizado nos Estados Unidos. No início da década de 1970, a principal motivação estava relacionada a Impacto ambiental e consumo de recursos utilizados na produção de embalagens até meados da década de 1980. Os estudos começaram na Europa através do Laboratório Federal Suíço para Teste e Pesquisa de Materiais-EMPA (FERREIRA et al., 2020). A ACV permite que os responsáveis pela tomada de decisão selecionem alternativas levando em consideração seus aspectos técnicos e desempenho ambiental, além de auxiliar na identificação de oportunidades de melhoria do ciclo de vida dentro de um estudo (GUTIERREZ, 2014).



A ACV é um método para ponderar e mensurar os possíveis impactos ambientais relacionados a toda cadeia produtiva do produto ou do processo, sendo padronizado pela série ISO 14040, sendo uma abordagem tática para diversas áreas, como por exemplo a economia circular como relatam Peña et al. (2021), possibilitando analisar desde a extração dos recursos naturais, produção do produto e descarte, podendo ser denominado de ACV do berço ao túmulo como afirmam Stanchev et al. (2020).

Ao realizar a análise cienciométrica da ACV, pode se observar um vasto campo de conhecimentos inseridos em artigos, revistas, jornais, entre outros, assim como verificar a evolução das pesquisas científicas relacionadas a este tema, visto que há vários tipos de base de dados para fazer uma pesquisa mais refinada, entre essas bases de dados está a Web of Science (WoS) que, de acordo com Franco et al. (2018), é uma base relevante para a academia do mesmo modo como uma opção de processamento de diferentes dados. Costas (2017) completa que o WoS é a base de dados mais utilizada na pesquisa cienciométrica.

A análise cienciométrica é rica em conhecimentos, pois a mesma rastreia inúmeros assuntos de diversas áreas e quantifica a pesquisa científica, publicações ou citações, palavras, autores e frases, destarte, seu uso tende a aumentar, pois, a abrangência das áreas de estudo e pesquisa é pertinente, além disso, a análise bibliométrica serve para auxiliar na tomada de decisão para pesquisadores. Os métodos de avaliação de pesquisas científicas, como a cienciométrica ou bibliométrica envolvem a aplicação de técnicas estatísticas e matemáticas para descrever vários aspectos da literatura, usando métodos para quantificar a literatura acadêmica existente e, diferentemente da pesquisa bibliográfica tradicional, busca avaliações objetivas e qualitativas (SPINAK, 1996).

Esses métodos têm sido usados para rastrear citações em periódicos acadêmicos e para ajudar a organizar e analisar grandes quantidades de informações, auxiliando na identificação de padrões por meio de análises estatísticas e matemáticas (DAIM et al., 2006).

Neste contexto, o presente trabalho objetiva avaliar a cienciométrica sobre Avaliação do Ciclo de Vida no período de 2000 a 2021 no banco de dados da Web Of Science.

## **Material e Métodos**

Nesse estudo foi abordada uma análise cienciométrica, de acordo com Santos e Kobashi (2009), esta especialidade aborda características científicas quantitativas, possibilitando quantificar as produções científicas no decorrer do tempo, observando as temáticas mais estudadas. Segundo Abreu et al. (2020), mapear os dados científicos através de levantamento bibliométrico é uma metodologia amplamente importante para avaliar os temas atuais e a evolução das pesquisas científicas. Algumas pesquisas recentes foram realizadas utilizando esta metodologia em temas diversos, como observados por Ferreira et al. (2019) e Aire e Pimenta (2020).

Para a pesquisa foi utilizado o banco de dados da Web of Science Core Collection – (WoS v.5.34), e os dados obtidos pela ferramenta Clarivate Analytic na Web of Science (WoS, 2021), devido a



abrangência em publicações científicas na área de ciências ambientais e engenharia. O termo de busca aplicados no título e resumo foi “life cycle assessment”. As áreas selecionadas foram Arts & Humanities Citation Index (A&HCI), Science Citation Index Expanded (SCI-EXPANDED), Social Sciences Citation Index (SSCI) e Emerging Sources Citation Index (ESCI), no período entre 2000 a 2021.

As variáveis analisadas foram a variação temporal de publicações anuais; publicações por categorias da Web of Science; publicações por países; área de pesquisa das publicações; publicações por periódicos/revistas.

Para a construção do gráfico da Categoria Web of Science e para Periódicos foram utilizadas as 25 categorias mais representativas. Para o mapa e quadro foram utilizados o resumo das 10 publicações mais relevantes selecionadas de acordo com o cit. Score, ou seja, considerando o H-index, utilizando o word clouds (<https://www.wordclouds.com/>) para construir um mapa de palavras mais citadas nos resumos.

## Resultados e Discussão

Pelos resultados obtidos observa-se 6.350 manuscritos publicados relacionados com a avaliação do ciclo de vida, no período em estudo. Observa-se na Figura 1 que ocorre uma tendência de aumento com o decorrer dos anos com pesquisas relacionadas a ACV, com maior expressividade a partir do ano de 2010, com 159 publicações com acréscimos de 430% quando comparado com ano 2000. No ano de 2021 são no total de 921 publicações sobre ACV, com aumento de aproximadamente 480%, assim constata-se que há interesse sobre esta temática no decorrer dos anos.

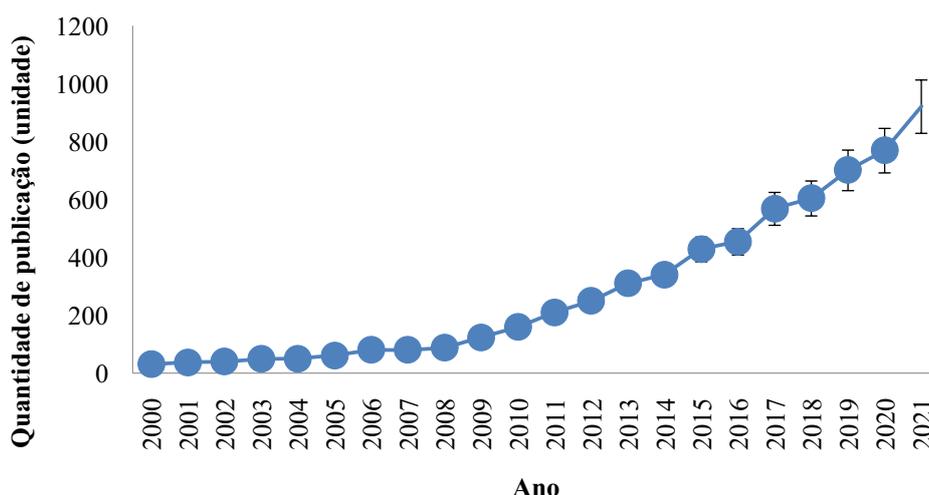


Figura 1. Variação temporal de publicações.

Resultados semelhantes foram obtidos por Carvalho et al. (2021) ao realizarem uma pesquisa bibliográfica relacionadas a ACV e construção civil, com tendência de aumento de publicações. O que



estimula a aplicação do ACV por diversos setores como nas agroindústrias, econômica, entre outros é a potencialidade e versatilidade, assim como podem ser aplicadas para verificar cenários e optar pelo caminho para se obter benefícios ambientais (PEÑA et al., 2021), o que explica a crescente aplicação da ACV no decorrer do tempo.

Nas categorias da Web of Science, Figura 2, a categoria que se destaca é a Environmental Sciences, com 58,2% das publicações encontradas, seguida pela Engineering Environmental com 44,18% e Green Sustainable Science Technology com 32,72%. As categorias com menores valores são a Mechanics, Transportation Science Technology, Agronomy e Toxicology. Estas categorias representam 0,8% do total de publicações.

Resultados semelhantes foram obtidos por Oliveira et al. (2021) em sua pesquisa bibliométrica sobre ACV na ovinocultura de corte, com maior número de publicações na categoria Ciências Ambientais.

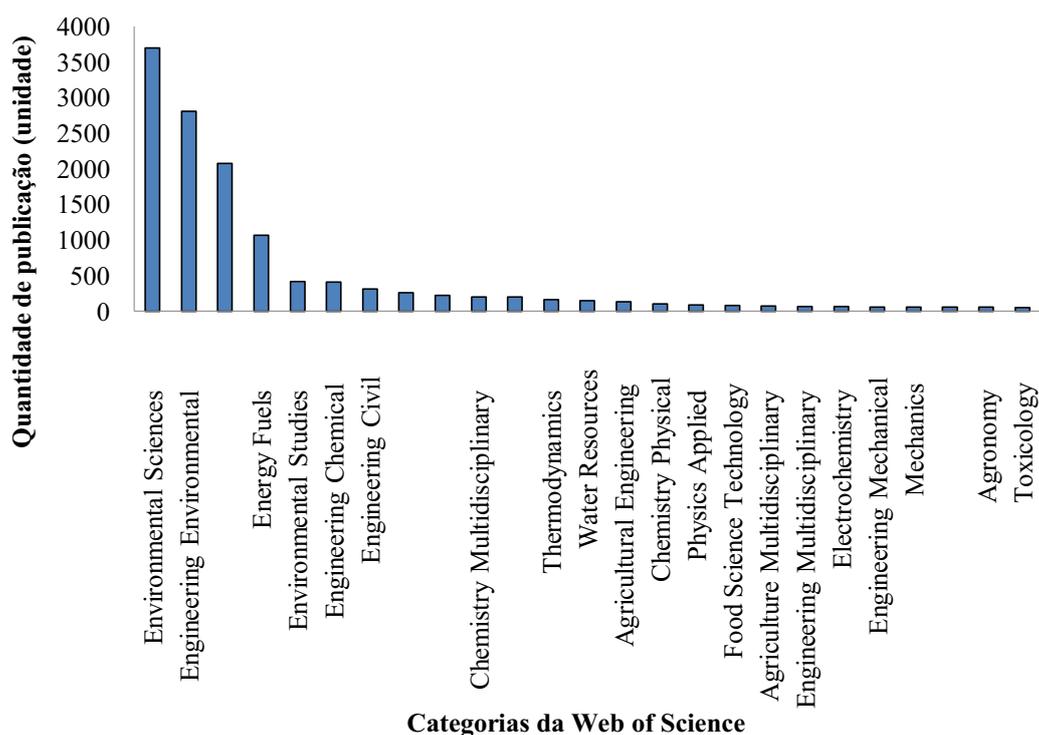


Figura 2. Distribuição de frequência de publicações.

As publicações sobre ACV apresentam destaque aos Estados Unidos com aproximadamente 18%, seguida pela China com 11,79% e Itália com 9,68%, outros países que contribuem de 8 a 6%, como a Espanha, Alemanha, Inglaterra e França, Figura 3. O Brasil representa 3,54% das publicações sobre ACV, resultado ainda pouco expressivo, sendo necessário o incentivo de realização de pesquisas sobre ACV para a busca da sustentabilidade ambiental de produtos e de processos. Com contribuições em menos de 2% observa-se a Malásia, Polônia, Sul da Coreia e Finlândia.

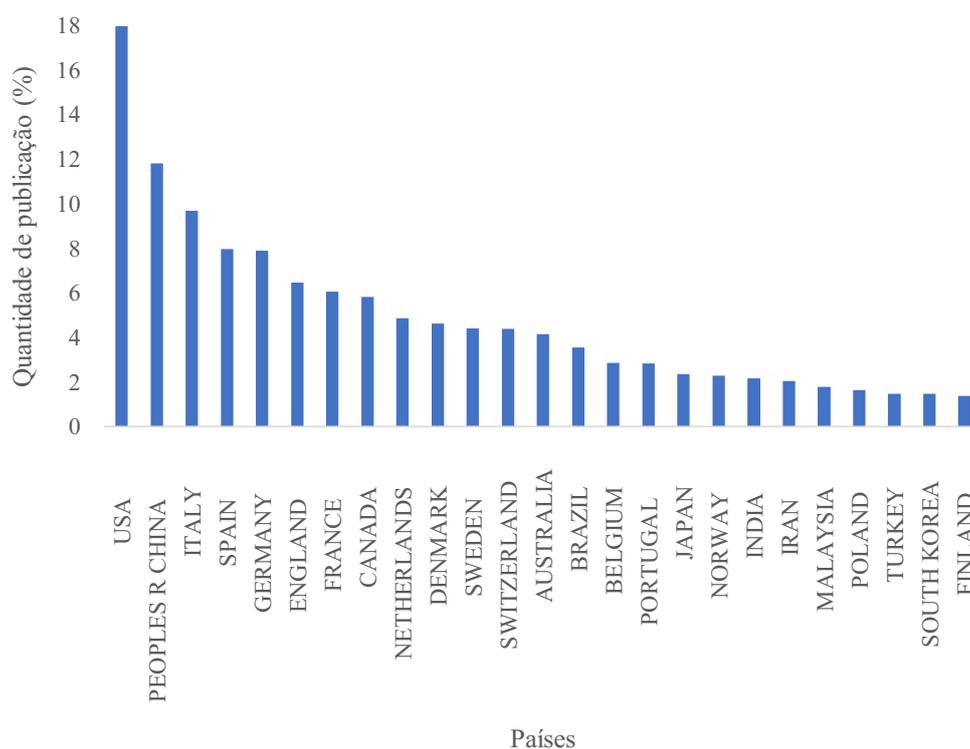


Figura 3. Quantidade de publicações.

No estudo realizado por Gestaro e Schmidt (2021), relacionado a aplicação de ACV na caprinocultura leiteira, em relação aos países, destacou-se a Itália (5 artigos) e a Espanha (2 artigos), o Brasil também aparece de forma restrita, em que estes países também aparecem com valores significativos na rede de pesquisas sobre ACV. Resultados divergentes foram obtidos por Carvalho et al. (2021) ao pesquisarem sobre ACV e construção civil onde observaram que as publicações se concentravam em 26% na China.

Ao analisar a área de pesquisa dos estudos publicados, a Environmental Sciences Ecology apresenta 60% e a Engineering com 57%, áreas com maior quantidade de trabalhos publicados, Figura 4. As outras áreas de pesquisa apresentam contribuições, mas ainda pouco expressiva quando comparado com as áreas de maiores porcentagens.

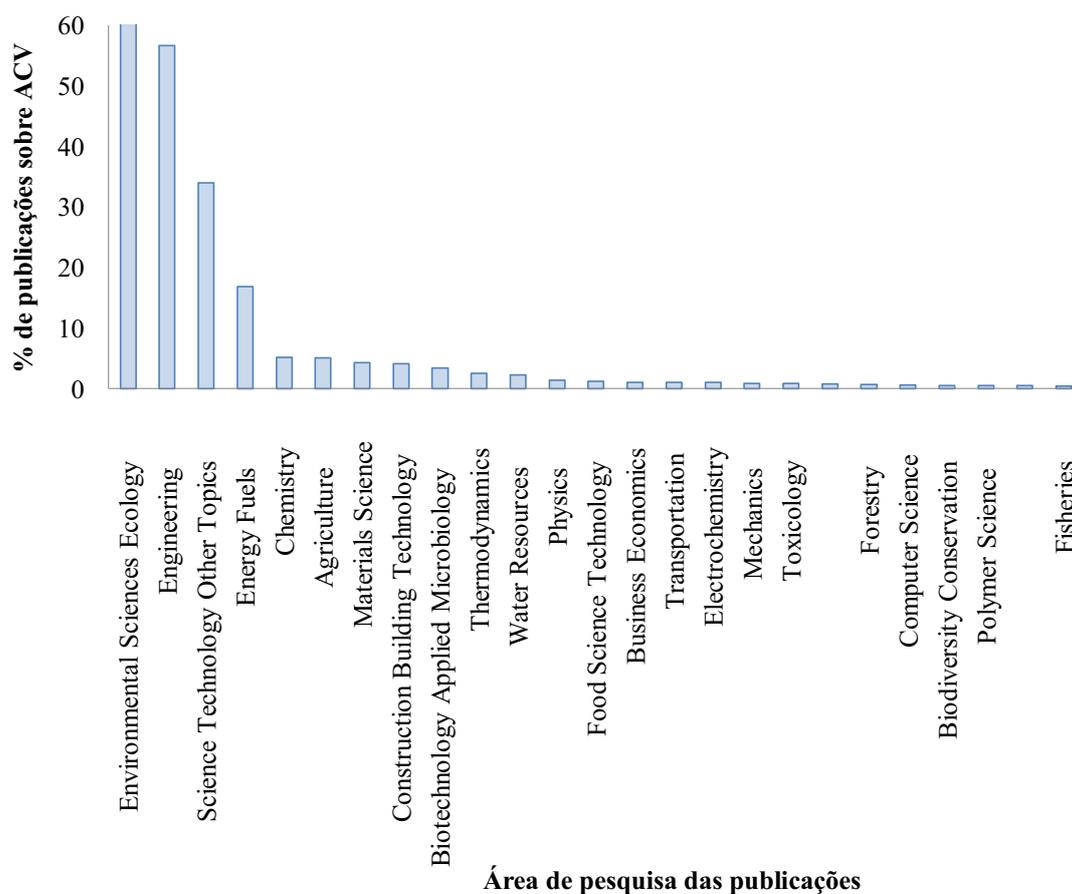


Figura 4. Área de pesquisa das publicações.

O periódico Journal of Cleaner Production apresenta 1105 artigos publicados em seu periódico, em 17%, Figura 5, esta revista tem revisão aos pares na área interdisciplinar sobre produção limpa, sendo publicado pela Elsevier. Já a International Journal of Life Cycle Assessment no seu título já se observa que contem a palavra ciclo de vida, sendo a primeira revista voltada para ACV e seus métodos com fator de impactos dos últimos 5 anos de 5.55, com 727 artigos publicados, ou seja, 11,45% em relação ao total de registros obtidos nesse estudo.

Corroborando com os resultados do estudo sobre ACV na ovinocultura, Oliveira et al. (2021) observaram 25% das publicações na revista Journal of Clear Production e 16,7% na International Journal of Cycle Assessment. Carvalho et al. (2021) obtiveram resultados similares com maior concentração de publicações nesse periódico.

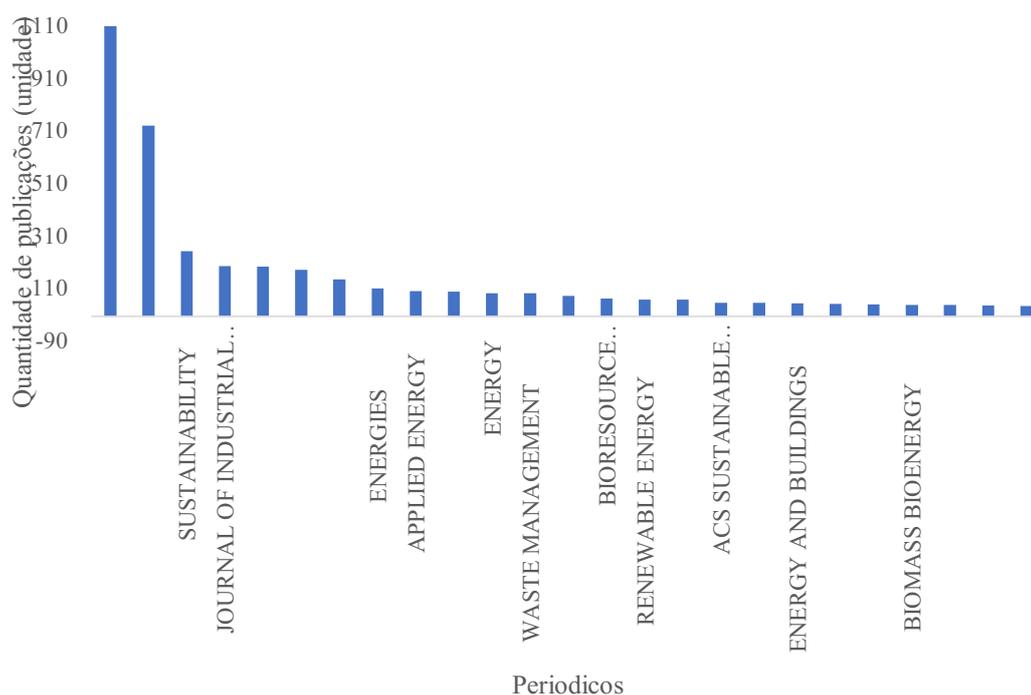


Figura 5. Publicações de artigos.

Resultados divergentes foram obtidos por Gestaro e Schmidt (2021) ao pesquisarem o uso de ACV na caprinocultura leiteira, por ser um tema específico obtiveram em sua busca apenas 9 artigos e a maioria de revisão, com maior número de publicações no ano de 2020 (5 publicações).

Na Tabela 1 observa-se que os autores Finnveden et al. (2009) em seu artigo sobre ACV, teve durante o período de 2000 a 2021 um cit. Score de 1632, em sua pesquisa sobre o desenvolvimento dos métodos, discutindo desde como abordar o estudo dentro do escopo, assim como o limite do sistema abordado.

No estudo de Jolliet et al. (2003) descreve sobre a metodologia de Impact 2002+ e o tipo de normatização a ser aplicada. Com mais de 900 citações, Rebitzer et al. (2004) abordam como deve ser a estrutura e a realização do ACV, bem como uma perspectiva geral sobre os métodos e ferramentas que podem auxiliar na quantificação das emissões, porém estes autores, apenas fazem uma revisão sobre o ACV.

Huijbregts et al. (2017) trazem sobre a atualização do banco de dados ReCiPe2008 para a versão de 2016 e descreve seus principais elementos, com três categorias de endpoint e 17 categorias de ponto médio. Enquanto Rosenbaum et al. (2008), utilizam modelos para calcular a toxicidade humana e ecotoxicidade de água doce no ACV, comparando as diversas metodologias existentes, constatando que a aplicação de USEtox é viável para estas variáveis.

Na lista dos 10 mais citados, destaca-se o artigo mais recente com elevada citação, 793 citações, Tabela 1, onde abordaram cenários sobre a possibilidade de converter o CO<sub>2</sub> em busca da



sustentabilidade (ARTZ et al., 2018). Os pesquisadores Vink et al. (2003), realizaram a ACV da produção de polilactídeos e constataram que através do inventário construído pode auxiliar as empresas na tomada de decisões, além de identificarem que polímeros renováveis possuem menores emissões de gases.

Tabela 1. Publicações sobre Avaliação do Ciclo de Vida mais citadas durante o período de 200a a 2021

<b>Autores</b>	<b>Ano</b>	<b>Cit Score</b>	<b>Título</b>
Finnveden, G.; Hauschild, M.Z.; Ekvall, T.; Guinee, J.; Heijungs, R.; Hellweg, S.; Koehler, A.; Pennington, D.; Suh, S.	2009	1632	Recent developments in Life Cycle Assessment
Jolliet, O.; Margni, M.; Charles, R.; Humbert, S.; Payet, J.; Rebitzer, G.; Rosenbaum, R.	2003	1152	IMPACT 2002+: A new life cycle impact assessment methodology
Rebitzer, G.; Ekvall, T.; Frischknecht, R.; Hunkeler, D.; Norris, G.; Rydberg, T.; Schmidt, W.P.; Suh, S.; Weidema, B.P.; Pennington, D.W.	2004	972	Life cycle assessment Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications
Rosenbaum, R.K.; Bachmann, T.M.; Gold, L.S.; Huijbregts, M.A.J.; Jolliet, O.; Juraske, R.; Koehler, A.; Larsen, H.F.; MacLeod, M.; Margni, M.; McKone, T.E.; Payet, J.; Schuhmacher, M.; van de Meent, D.; Hauschild, M.Z.	2008	873	USEtox-the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment
Artz, J.; Muller, T.E.; Thenert, K.; Kleinekorte, J.; Meys, R.; Sternberg, A.; Bardow, A.; Leitner, W.	2018	793	Sustainable Conversion of Carbon Dioxide: An Integrated Review of Catalysis and Life Cycle Assessment
Vink, ETH; Rabago, KR; Glassner, DA; Gruber, PR	2003	704	Applications of life cycle assessment to NatureWorks (TM) polylactide (PLA) production
Guinee, J.B.; Heijungs, R.; Huppes, G.; Zamagni, A.; Masoni, P.; Buonamici, R.; Ekvall, T.; Rydberg, T.	2011	664	Life Cycle Assessment: Past, Present, and Futures
Huijbregts, M.A.J.; Steinmann, Z.J.N.; Elshout, P.M.F.; Stam, G.; Verones, F.; Vieira, M.; Zijp, M.; Hollander, A.; van Zelm, R.	2017	626	ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level
de Vries, M.; de Boer, I.J.M.	2010	615	Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments
Cabeza, L.F.; Rincon, L.; Vilarino, V.; Perez, G.; Castell, A.	2014	598	Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review

Fonte: Web of Science (2022).

Analisar o passado, presente e futuro, como foi realizado por Guinee et al. (2011) descrevendo a evolução da ACV e que está evoluindo para uma nova estrutura a da Análise de Sustentabilidade do Ciclo de Vida (ASCV), tentando adequar as atividades analisadas dentro de parâmetros sustentáveis.





A categoria da Web of Science que se destacou foi a Environmental Sciences e o maior número de publicações foi nos Estados Unidos;

O periódico com número expressivo de publicações foi o Journal of Cleaner Production;

O artigo com significativo número de citações foi o Recent developments in Life Cycle Assessment com cti Score superior a 1600 e os 10 artigos mais citados a maioria abordou revisão de literatura;

O ACV apesar de haver evolução em suas pesquisas ainda é necessário que ocorra estudos voltados a estudos de casos, evidenciando os potenciais impactos que determinado produto ou processo ocasionar.

### **Referências Bibliográficas**

ALDERSON, H.; LIU, C.; MEHTA, A.; GALA, H. S.; MAZIVE, N. R.; CHEN, Y.; SERVENTI, L. Sensory profile of kombucha brewed with New Zealand ingredients by focus group and word clouds. *Fermentation*, v.7, n.3, p.100, 2021.

ALVES, I. M.; BEZERRA, S. T. M.; SILVA, LUCAS C. DA; ARAGÃO, J. VITOR SILVA; CARVALHO FILHO, J. A. A. Avaliação do ciclo de vida e das emissões de gases de efeito estufa de uma estação de tratamento de água. In: Congresso Brasileiro Sobre Gestão do Ciclo de Vida, 6, 2018, Brasília. Anais...Brasília: GCV, 2018.

ARTZ, J.; MÜLLER, T. E.; THENERT, K.; KLEINEKORTE, J.; MEYS, R.; STERNBERG, A.; LEITNER, W. Sustainable conversion of carbon dioxide: an integrated review of catalysis and life cycle assessment. *Chemical Reviews*, v.118, n.2, p.434-504, 2018.

CABEZA, L. F.; RINCÓN, L.; VILARIÑO, V.; PÉREZ, G.; CASTELL, A. Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v.29, p.394-416, 2014.

CARVALHO, M. M. B.; BARRETO, O. A. C.; DOS SANTOS, L. Q.; MARQUES, E. E. Gestão de resíduos da construção civil: análise bibliométrica entre 2010 e 2020. *Research, Society and Development*, v.10, n.12, 2021.

COELHO FILHO, O.; SACCARO JUNIOR, N. L.; LUEDEMANN, G. A avaliação de ciclo de vida como ferramenta para a formulação de políticas públicas no Brasil. 1.ed. Brasília: IPEA, 2016. 60p.

COSTAS, R. Discussões gerais sobre as características mais relevantes de infraestruturas de pesquisa para a cientometria. *Bibliometria e Cientometria no Brasil: infraestrutura para avaliação da pesquisa científica na Era do Big Data*, p.19-42, 2017.

DAIM, U. T.; RUEDA U.; MARTIN, H.; GERDSRI, P. Forecasting emerging technologies: use of bibliometrics and patentanalysis. In: *Technological Forecasting and Social Change Journal*, v.73, n.8, p.981-1012, 2006.



- DE VRIES, M.; DE BOER, I. J. M. Comparing environmental impacts for livestock products: A review of life cycle assessments. *Livestock Science*, v.128, n.1-3, p.1-11, 2010.
- FERREIRA, J. V.; ESTEVES, B.; CRUZ, L. L.; DOMINGOS, I. Avaliação do ciclo de vida - resenha histórica e perspectiva futura. In: *Millenium*, 2020, Viseu. *Anais...Viseu*, 2020.
- FERREIRA, G. A.; ASSIS, G. H. R.; CORDEIRO, J.; BERNARDES, C. D.; LAGE, M. A.; CORDEIRO, J. L. A. Presença de arsênio em atividades minerárias: uma análise cienciométrica. *Research, Society and Development*, v.8, n.9, p.28, 2019.
- FINNVEDEN, G.; HAUSCHILD, M. Z.; EKVALL, T.; GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R.; HELLWEG, S.; SUH, S. Recent developments in life cycle assessment. *Journal of Environmental Management*, v.91, p.1-21, 2009.
- FRANCO, E. F.; HIRAMA, K.; CARVALHO, M. M. Applying system dynamics approach in software and information system projects: A mapping study. *Information and Software Technology*, v.93, p.58-73, 2018.
- FREITAS, C. M.; XIMENES, E. F. Enchentes e saúde pública- uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação. In: *Ciência & Saúde Coletiva*, 17, 2012, Rio de Janeiro. *Anais...Rio de Janeiro: 2012*.
- GASPERI, J.; SEBASTIAN, C.; RUBAN, V.; DELAMAIN, M.; PERCOT, S.; WIEST, L.; MIRANDE, C.; CAUPOS, E.; DEMARE, D.; DIALLO KESSOO, M.; SAAD, M.; SCHWARTZ, J. J.; DUBOIS, P.; FRATTA, C.; WOLFF, H.; MOILLERON, R.; CHEBBO, G.; CREN, C.; MILLET, M.; BARRAUD, S.; GROMAIRE, M. C. Micropollutants in urban stormwater: occurrence, concentrations and atmospheric contributions for a wide range of contaminants in three French catchments. *Environmental Science and Pollution Research*, v.21, n.8, 5267-5281, 2014.
- GESTARO, V. B.; SCHMIDT, V. Avaliação do ciclo de vida (ACV) na caprinocultura de leite: um estudo bibliométrico. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v.4, p.2290-2296, 2021.
- GUINEE, J. B.; HEIJUNGS, R.; HUPPES, G.; ZAMAGNI, A.; MASONI, P.; BUONAMICI, R.; RYDBERG, T. Life cycle assessment: past, present, and future. *Environmental Science and Technology*, v.45, p.90-96, 2011.
- GUTIERREZ, K. G. Análise e gerenciamento de impactos ambientais no tratamento de esgoto doméstico mediante avaliação de ciclo de vida. 129f. Tese (Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.
- HUIJBREGTS, M. A.; STEINMANN, Z. J.; ELSHOUT, P. M.; STAM, G.; VERONES, F.; VIEIRA, M.; VAN ZELM, R. ReCiPe2016: a harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v.22, p.138-147, 2017.
- ISO 14040. International Organization for Standardization. 2015. Disponível em: <https://cenedcursos.com.br/meio-ambiente/ciclo-de-vida-do-produto-iso-14040/>. Acesso em: 15 de Janeiro de 2022.



JOLLIET, O.; MARGNI, M.; CHARLES, R.; HUMBERT, S.; PAYET, J.; REBITZER, G.; ROSENBAUM, R. IMPACT 2002+: a new life cycle impact assessment methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v.8, p.324-330, 2003.

OLIVEIRA, A. D.; VIANA, M. C.; SCHMIDT, V. Avaliação do ciclo de vida (ACV) na ovinocultura de corte: um estudo bibliométrico. *Revista Brasileira de Pesquisas Agrícolas*, v.2, n.2, p.01-08, 2021.

PEÑA, C.; CIVIT, B.; GALLEGRO-SCHMID, A.; DRUCKMAN, A.; CALDEIRA-PIRES, A.; WEIDEMA, B.; MIERAS, E.; WANG, F.; FAVA, J.; MILÀ I CANALS, L.; CORDELLA, M.; ARBUCKLE, P.; VALDIVIA, S.; FALLAHA, S.; MOTTA, W. Using life cycle assessment to achieve a circular economy. *Int. J. Life Cycle Assess*, v.26, p.215-220, 2021.

REBITZER, G.; EKVAL, T.; FRISCHKNECHT, R.; HUNKELER, D.; NORRIS, G.; RYDBERG, T.; PENNINGTON, D. W. Life cycle assessment: Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications. *Environment International*, v.30, p.701-720, 2004.

ROSENBAUM, R. K.; BACHMANN, T. M.; GOLD, L. S.; HUIJBREGTS, M. A.; JOLLIET, O.; JURASKE, R.; HAUSCHILD, M. Z. USEtox—the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in life cycle impact assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v.13, p.532-546, 2008

SANTOS, R. N. M.; KOBASHI, N. Y. Bibliometria, Cienciometria, Infometria: conceitos e aplicações. *Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação*, v.2, n.1, p.155-172, 2009.

SPINAK, E. *Dicionário enciclopédico de bibliometria, cienciometria e informetria*. 1.ed. Caracas: UNESCO, 1996. 244p.

STANCHEV P.; VASILAKI, V.; EGAS, D.; COLON, J.; PONSÁ, S.; KATSOU, E. Multilevel environmental assessment of the anaerobic treatment of dairy processing effluents in the context of circular economy. *J. Clean Prod.*, v. 261, p.121-139, 2020.

VINK, E. T.; RABAGO, K. R.; GLASSNER, D. A.; GRUBER, P. R. Applications of life cycle assessment to NatureWorks™ polylactide (PLA) production. *Polymer Degradation and Stability*, v.80, p.403-419, 2003.

WOWRA, K.; ZELLER, V.; SCHEBEK, L. Nitrogen in Life Cycle Assessment (LCA) of agricultural production systems: comparative analysis of regionalization approaches. *Science of the Total Environment*, v.763, 2021.



# INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA DOS RESÍDUOS DE SAÚDE NA INTERFACE DA PANDEMIA DA COVID-19

**Gibran Sarmiento de Almeida**

Doutorando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
gibransarmiento@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2576-9073>

**Viviane Farias Silva**

Profa. Adjunta, UFCG, Patos-PB, viviane.farias@professor.ufcg.edu.br

 <https://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

**Wanessa Alves Martins**

Doutoranda em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
wanessamartins.eng@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2108-2530>

**Maria Zuleide Rodrigues de Almeida**

Mestranda em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
zuleiderodrigues\_ce@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-2753-3240>

**Hélio Lopes da Silveira**

Mestrando em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
hlsil@hotmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-0329-4441>

**Teresinha do Bu Melo**

Mestranda em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
doteresinha@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0002-8255-5063>



## **Introdução**

O Brasil foi acometido pela pandemia de Covid-19 no ano de 2020 e o sistema de saúde foi surpreendido, e em alguns lugares entrou em colapso, devido ao elevado número de internações, principalmente na ala de Terapia Intensiva, falta de materiais e profissionais, como afirmam Renke et al. (2020). Os cuidados com a higienização tiveram que ser triplicados e a utilização de Equipamentos de Proteção Individual – EPI, como máscaras, luvas, tocas entre outros, vem sendo constantemente utilizados por todos que atuavam e atuam em unidades hospitalares, aumentando assim a geração de resíduos, como relatam Araújo e Silva (2020). Chartier et al. (2014) e Kwikiriza et al. (2019), afirmam que aproximadamente 85% dos resíduos hospitalares não causam riscos à saúde, podendo ser comparados a resíduos urbanos, entretanto, os outros 15% são classificados como perigosos, com riscos à saúde e causam impactos graves ao meio ambiente, por serem considerados resíduos infectantes.

Os resíduos hospitalares ou Resíduos de Serviço de Saúde (RSS) têm como definição todo aquele gerado por unidades de saúde, laboratórios, clínicas, postos de unidade básica ou qualquer procedimento médico domiciliar e ambulatorial. Também estão incluídos os hemocentros, casas mortuárias, centros de autópsia e clínicas veterinárias (FERREIRA, 1995; WHO, 2015). Para a Organização Mundial de Saúde existem seis tipos de resíduos de saúde considerados perigosos, classificados em perfurocortantes, infecciosos, patológicos, fármacos ou citotóxicos, químicos e radioativos (CHARTIER et al., 2014; WHO, 2015).

Além disso, conforme o panorama da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Especiais-Abrelpe (ABRELPE, 2018) e Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento-SNIS, (SNIS, 2019), em torno de 4.518 municípios brasileiros possuem serviços de coleta, tratamento e disposição final de Resíduos de Serviço de Saúde (RSS), resultando num montante de aproximadamente, 256.941 toneladas de resíduos para o ano de 2017, o equivalente a 1,2 kg por habitante/ano. No gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde é importante que os resíduos considerados perigosos, além das precauções especiais, devido possuir elevado potencial poluidor, sejam manejados e destinados dentro dos padrões estabelecidos pelas normativas, podendo ocasionar impactos ambientais diretos e indiretos, abrangendo desde os acidentes com os profissionais de saúde e daqueles que entram em contato com os RSS e contaminação de solo, corpos hídricos e ar, contribuindo de forma nociva a natureza (CAFURE et al., 2015; CHARTIER et al., 2014; KWIKIRIZA et al., 2019).

Com o propósito de contribuir e tornar eficiente o Plano de Gerenciamento de Resíduos do Serviço de Saúde (PGRSS) a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) está sendo um sistema que tem como objetivo auxiliar na gestão de políticas públicas para mitigação de impactos ambientais e na saúde, conforme estabelecido na Política Nacional de Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010). A ACV é a melhor



forma de auxiliar na tomada de decisão em relação à escolha de produtos sustentáveis (TURCONI, 2013). Uma maneira de medir e quantificar os impactos ambientais das atividades produtivas no serviço de saúde desde a extração da matéria prima até a disposição final dos rejeitos é a ACV dos produtos (INMETRO, 2017). Uma das etapas essenciais para a realização do ACV é a criação do Inventário do Ciclo de Vida (ICV) que deve ser feito com base na fronteira a ser determinada pelo pesquisador, podendo ser do berço ao túmulo, berço ao portão ou do portão ao portão, que deve ser pré-estabelecido antes de iniciar a coleta de dados (CONTRERASLISPERGUER et al., 2017; ABNT 14040, 2014).

A análise do inventário do ciclo de vida está relacionada com o recolhimento dos dados e cálculos que possui como objetivo quantificar as entradas e saídas dos limites do sistema do produto. Esses dados contribuirão para a base de avaliação do impacto do ciclo de vida, além dos impactos causados na atmosfera, corpos hídricos e no solo, relacionado ao sistema do produto (ABNT, 2014). De acordo com Souza et al. (2018), o banco de dados construído do ICV é a fonte principal de informações para a realização de pesquisas sobre a ACV, assim quanto mais completo e detalhado for o ICV, mais preciso será o resultado dos potenciais impactos ambientais calculados.

As bases de dados de ICVs possuem a finalidade de reunir e organizar diversos conjuntos de dados que dão condições ao desenvolvimento de estudos de ACV (CRUZ, 2021). Nesse contexto, esta pesquisa foi executada objetivando-se construir o inventário do ciclo de vida dos resíduos de serviços de saúde de acordo com o gerenciamento adotado no Hospital Universitário Alcides Carneiro, no município de Campina Grande-PB.

## **Material e Métodos**

A pesquisa foi realizada no Hospital Universitário Alcides Carneiro (HUAC), situado no município de Campina Grande-PB que possui área de 593,026 km<sup>2</sup>, com 413.830 mil habitantes, conforme o IBGE (2021). Campina Grande está situada na mesorregião do Agreste Paraibano nas coordenadas geográficas 07°13'50" S e 35°52'52" O, com clima considerado como semiárido (IBGE, 2018) de acordo com a Figura 1. Atualmente o HUAC é gerido pela Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH), com atendimentos pelo Sistema Único de Saúde (SUS), possuindo um total 160 leitos e atende mais de 40 especialidades médicas. No geral, realizam-se consultas, exames laboratoriais, cirurgias e internações (BRASIL, 2020).

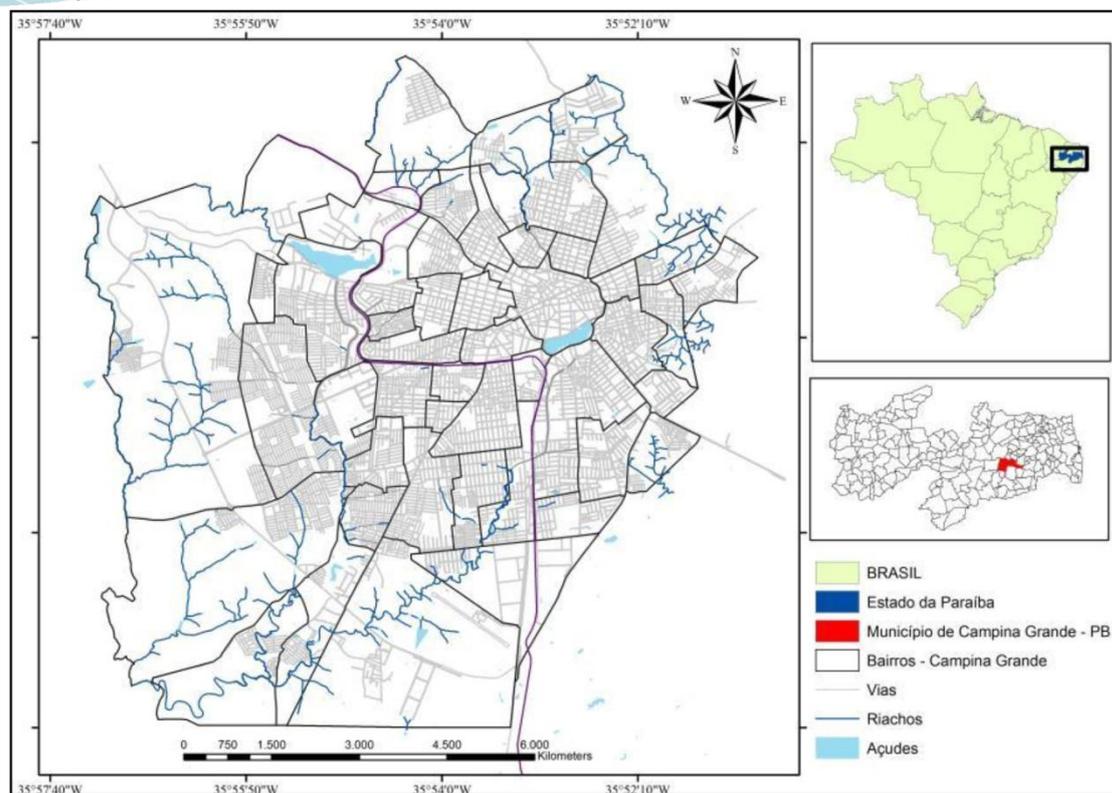


Figura 1. Localização geográfica do município de Campina Grande, Paraíba.

Fonte: INPE (2021).

No processo de inventário foram realizados o levantamento, acompanhando e apurando detalhes no processamento de RSS desde as condições de separação, classificação, acondicionamento, transporte e destinação final. Foram obtidos dados primários, através de acompanhamento do gerenciamento dos RSS no HUAC no ano de 2020, detalhando os tipos de RSS gerados em cada setor e as secundárias obtidas através de estimativas com base em referências para completar as informações necessárias.

Para a elaboração de inventário do gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde HUAC, foram os seguintes:

I. Dados de entrada:

- a) A quantificação e classificação dos resíduos de serviços de saúde gerados em todos os setores do hospital;
- b) Quantificação de materiais gerados que são direcionados ao setor de reciclagem, coleta comum e coleta especial;
- c) Quantificação do consumo de água e energia elétrica pelos setores envolvidos;
- d) Quantificação do consumo de combustível utilizado na coleta seletiva, para disposição final no aterro sanitário de Campina Grande-PB e para os outros tipos de tratamento final.

II. Dados de saída estimados pelo Centro Clima (2021) e por Moreira (2018):



a) CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O.

A coleta de informações foi realizada através de acompanhamento de todos os procedimentos de gerenciamento dos resíduos de serviço de saúde no HUAC, realizados no ano de 2020, seguindo a fronteira do sistema estabelecido, Figura 2. A unidade funcional adotada foi referente a toneladas/ano.

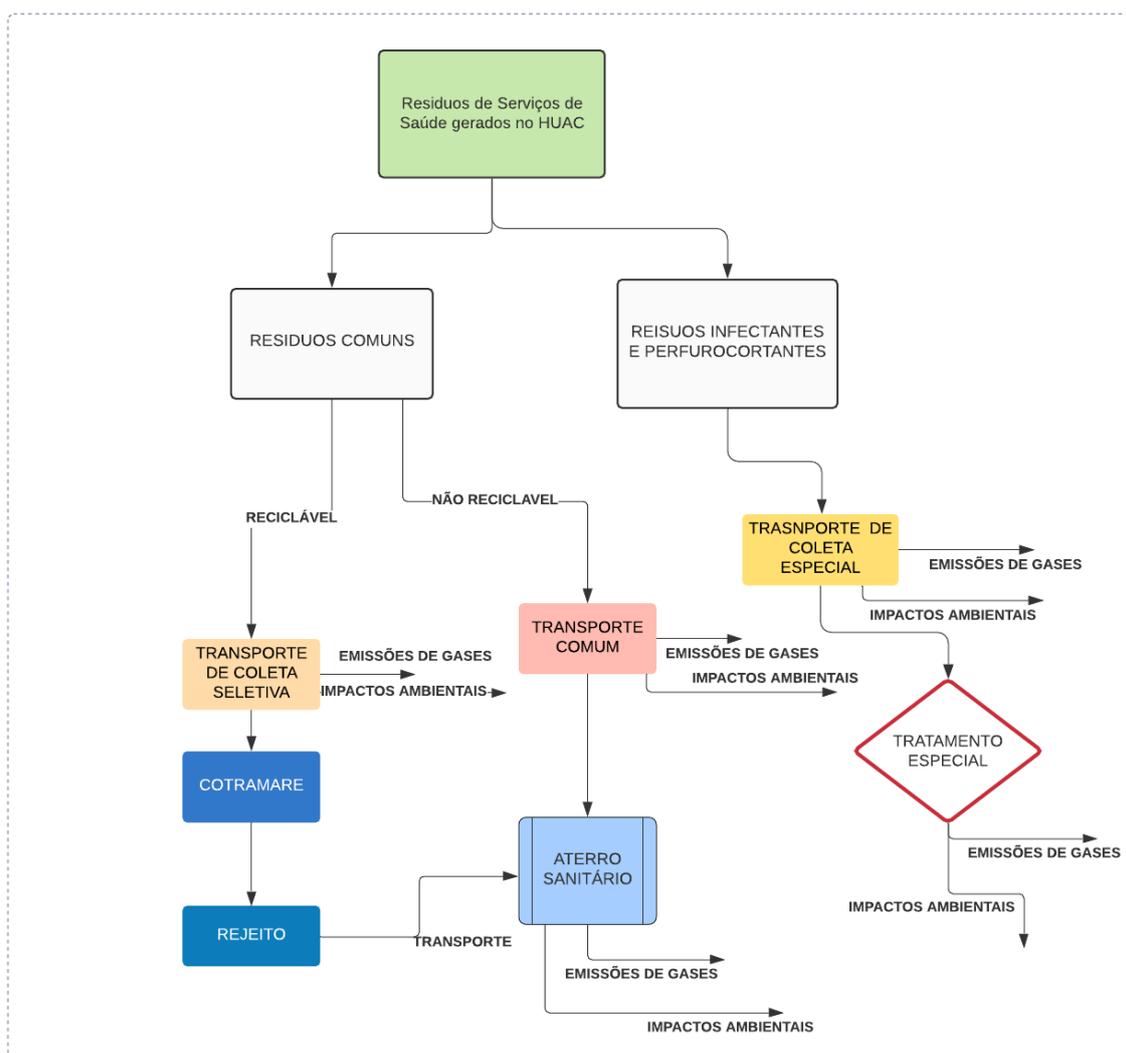


Figura 2. Fronteira do sistema de ACV abordado nessa pesquisa.

A origem do sistema foi delimitada na geração de resíduos no hospitalar do HUAC (Figura 2). Logo após o recolhimento desses resíduos por alas, funcionários da limpeza armazenaram cada resíduo específico em bombonas plásticas nomeadas e classificados nos grupos A e E (infectante/perfurocortante), grupo D (resíduo comum) e recicláveis, passaram por pesagens diárias e estocados. Após a geração, armazenamento, separação e pesagem, os resíduos entraram no sistema de gestão por três vias diferentes: o recolhimento dos infectantes/perfurocortantes pela empresa privada



- Stericycle - por três vezes na semana, coleta comum todos os dias transportados pelos caminhões da empresa - Sesuma - contratada pela prefeitura e os recicláveis por meio da cooperativa de trabalhadores de materiais recicláveis – Cotramare - durante três vezes na semana.

Foram consideradas como unidades de processo final a indústria de reciclagem, a cooperativa de catadores e o aterro sanitário que atende ao município de Campina Grande. Foram separadas três opções de trajetória: triagem - reciclagem, triagem - cooperativa e coleta comum - aterro sanitário.

Foram identificados os tipos de veículos e o percurso de coleta até a destinação final para estimar a quantidade de combustível de acordo com a quantidade de dias de coleta. Obtendo a trajetória de cada caminhão observada em imagens no Google Earth (2021), calculou-se o percurso de ida e volta para cada empresa, o ponto de partida é o local de processamento dos resíduos até o HUAC e o retorno. A trajetória escolhida é a que apresenta o menor tempo para o retorno.

## **Resultados e Discussão**

Neste inventário organizou-se, de maneira específica, os tipos de RSS produzidos por cada setor do hospital. Na Tabela 1 está disposto a classificação dos resíduos produzidos pelos setores do Pronto Atendimento, Bloco Cirúrgico, Central de Materiais, Hospital Diagnóstico e Unidade Ginecologia/Saúde da Mulher, detalhados qualitativamente para os grupos A, B, D e E. No Setor de Imagenologia, ocorre o acompanhamento de funcionários como médicos, dentistas, enfermeiras e técnicos juntos com os pacientes, nesses atendimentos podem-se realizar simples procedimentos como aplicação de antibióticos, vacina, antirretrovirais ou medicamento em geral, coleta intravenosa, aferição da pressão e temperatura, consultas odontológicas e exames radiológicos.

Os resíduos no laboratório clínico e patológico podem ser classificados nos grupos A, B, D e E, como se verifica na Tabela 1. A climatização do ambiente exige produtos de condicionamento como ar condicionado, filtros de ar e outros para remoção de impurezas do meio. Os equipamentos médico-hospitalares que podem conter partes de resíduos mistos, ou seja, pertencentes tanto ao grupo A quanto D, poderiam ser separados caso houvesse demanda. Como se trata de um potencial agente infectante, um aparelho de alto grau de complexidade exige um processamento de equipes especializadas para fazer o manejo adequado de desmanche para cada grupo distinto. Sendo assim, mesmo o menor grau de risco à saúde não justificaria a separação sem o auxílio de empresas do próprio fabricante dos equipamentos médico-hospitalares.



Tabela 1. Composição dos resíduos em relação a suas categorias e setores

<b>Grupo A1</b>	<b>Setores</b>
1. Resíduos sólidos contendo sangue e líquidos corpóreos na forma livre	Pronto socorro adulto e infantil, UTI adulto, UTI neonatal/pediátrica, hemodinâmica, pediatria, clínica médica, clínica cirúrgica, bloco cirúrgico, central de material e hospital-diagnóstico. Especialidades, Centro de Reabilitação e Setor de Imagenologia, Laboratório clínico. Laboratórios de pesquisa e patologia
2. Bolsas transfusionais contendo sangue com volume superior a 50 ml	Todas as unidades acima, exceto central de material
3. Sobras de amostras de laboratório contendo sangue e líquido corpóreo na forma livre	Todas as unidades acima, exceto central de material
4. Resíduos resultantes de atividades de vacinação com microrganismos vivos ou atenuados, ou frascos vencidos com conteúdo inutilizado, vazio ou com restos do produto	SOST (Sanzonal)
<b>Grupo A3</b>	<b>Setores</b>
1. Membros humanos (Peças anatômicas)	Bloco Cirúrgico e Patologia
<b>Grupo A4</b>	<b>Setores</b>
1. Recipientes e materiais resultantes do processo de assistência à saúde que não contenham sangue e líquidos corpóreos na forma livre	Pronto socorro adulto e infantil, UTI adulto, UTI neonatal/pediátrica, hemodinâmica, pediatria, clínica médica, clínica cirúrgica, bloco cirúrgico, central de material e hospital-diagnóstico, Especialidades, Centro de Reabilitação e Setor de Imagenologia, Laboratório clínico. Laboratórios de pesquisa e patologia
2. Kits de linhas arteriais, endovenosas e dialisadores com presença ou ausência de sangue	Todas as unidades assistenciais
3. Sobras de amostras de laboratório contendo sangue e líquido corpóreo na forma livre	Todas as unidades, exceto central de material
4. Bolsas transfusionais vazias ou com volume residual pós-transfusão	Todas as unidades, exceto central de material
5. Resíduos provenientes de cirurgia plástica e peças anatômicas (órgãos e tecidos) quando não enviados para estudo anatomopatológico	Bloco Cirúrgico
6. Os filtros de ar e gases aspirados de área contaminada ou não, membrana filtrante de equipamentos médico-hospitalar e de pesquisa	Todas as unidades
<b>Grupo B</b>	<b>Setores</b>
1. Produtos hormonais, antimicrobianos, imunossupressores, imunomoduladores, digitálicos, antirretrovirais e medicamentos controlados pela portaria do Ministério da Saúde (MS) 344/98	Todas as unidades, exceto central de material
2. Resíduos de citostáticos e antineoplásicos	Pediatria, oncologia pediátrica, alas, ambulatório, unidades de terapia intensiva e unidade de oncologia
3. Recipientes contaminados por resíduos químicos líquidos (recipientes de ortoformaldeído)	Unidade de Hemodinâmica (Endoscópico). Setor de Diagnóstico por imagem
4. Resíduos contendo metais pesados	Todas as unidades, como setores assistenciais e



(termômetro) em processo de substituição	odontologia
5. Lâmpada fluorescente e cartucho/tonner de impressora	Todas as unidades
6. Pilhas e baterias alcalinas	Todas as unidades, exceto central de material
7. Medicamentos antirretrovirais	Ambulatório de Especialidades (farmácia satélite no CAESE) e ALA E
8. Efluentes de processadores e imagem de equipamentos automatizados utilizados em análise clínica e demais resíduos perigosos	Hemodinâmica, Diagnóstico por Imagem (Odontologia) e Laboratório clínico
9. Reagentes para laboratório	Laboratório clínico
10. Resíduos químicos líquidos (formol. Ácido sulfúrico, ácido clorídrico, Xilol)	Laboratório de Patologia
11. Resíduos químicos sólidos (Xilol)	Laboratório de Patologia
<b>Grupo D</b>	<b>Setores</b>
1. Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente	Todas as unidades
2. Resíduos provenientes das áreas administrativas	Todas as unidades
3. Fraldas, absorventes higiênicos, peças descartáveis, resto alimentar de pacientes, material utilizados em antissepsia, equipo de soro e outros similares, classificados anteriormente como A1	Todas as unidades exceto central de material
4. Sobras de alimentos	Todas as unidades
<b>Grupo E</b>	<b>Setores</b>
1. Resíduos perfurocortantes – agulha de sutura (inox), agulhas e vacuteiner, agulha descartável (gengival), agulha para irrigação, ampola de vidro, aparelho de tricotomia descartável/ lâmina de barbear, artigos de vidro, quebrados (com presença de material infectante), cateter intravenoso agulhado, dispositivo para infusão intravenosa	Todas as unidades

Fonte: adaptado de HUAC (2022).

No setor de farmácia os resíduos são pertencentes a agentes químicos (grupo B), comum (grupo D) e perfurocortantes (E). Produtos provenientes de área administrativa do hospital podem ser encontrados em todas as alas hospitalar, como se observa na Tabela 2.



Tabela 2. Resíduos provenientes do setor de farmácia

1. Produtos hormonais, antimicrobianos, imunossupressores, imunomoduladores, digitálicos, antirretrovirais e medicamentos controlados pela portaria MS 344/98.
2. Resíduos de citostáticos e antineoplásicos.
3. Recipientes contaminados por resíduos químicos líquidos (recipientes de manipulação dos antineoplásicos).
4. Resíduos contendo metais pesados (termômetros).
5. Resíduos químicos líquidos (fenol).
6. Lâmpadas fluorescente e cartucho de impressora.
7. Pilhas e baterias alcalinas.

**Grupo D**

1. Resíduos que não apresentem risco biológico, químico ou radiológico à saúde ou ao meio ambiente.
2. Resíduos provenientes das áreas administrativas.
3. Papel, absorventes higiênicos, peças descartáveis.
4. Sobras de alimentos.

**Grupo E**

1. Resíduos perfurocortantes.

Fonte: adaptado de HUAC (2022).

Conforme os dados disponibilizados pelas empresas de coleta (Tratamento especial, Coleta comum) e cooperativa de reciclagem, os caminhões utilizados no transporte são respectivamente, Volkswagen 4x2 com capacidade para transporte de 5 toneladas, Volkswagen Constelation 4x2 e caminhão Mercedes Benz, os veículos coletam os resíduos três vezes (Tratamento especial e Reciclagem) e cinco vezes (Coleta comum) por semana. Para o aterro sanitário da cidade de Campina Grande-PB são utilizados maquinários pesados como trator de esteira e caminhão pipa com capacidade de 12 mil litros, ambos funcionando de segunda a sábado ou seis dias por semana. Os gastos de combustível dentro do aterro são estimativas fornecidas pela própria administradora. A distância e o consumo de combustível entre o hospital e os núcleos de coleta estão estimados na Tabela 3.

Tabela 3. Consumo, custo mensal e distâncias entre o gerador dos RSS e os setores de destinação final

<b>HUAC - Núcleos</b>	<b>km Total/Mês</b>	<b>Litros/km</b>
HUAC/Stericycle (tratamento especial) (Bairro do Passarinho, Recife, PE, ida e volta)	4.973,64	8,3
HUAC/Aterro Sanitário (aterro sanitário de Catolé de Boa Vista, PB - 138)	967,82	5,0
HUAC/Cotramare(reciclagem) (Bairro do Monte Santo, Campina Grande, PB)	62,40	5,0

O tempo médio de uma de viagem do HUAC à empresa Stericycle, situada em Recife-PE, é de aproximadamente 3 horas e 9 minutos para uma velocidade média de 80 km/h, a distância é de 191

km para a BR 230 e BR 101 até o local, sendo considerado ida e volta, totalizando por cada viagem 382 km, e assim foi estimado a quilometragem mensal, Tabela 1 e Figura 3.

A empresa Serviços Urbanos e Meio Ambiente (SESUMA) é que transporta os resíduos do grupo D, não recicláveis, do HUAC para o aterro sanitário localizado no município de Catolé de Boa Vista na PB. A menor trajetória foi de 22,4 km com tempo médio de 34 minutos em uma velocidade média de 80 km/h, considerando ida e volta o total é de 44,6 km/viagem. Logo que ocorre o despejo, os veículos retornam ao município de Campina Grande–PB, Figura 3.

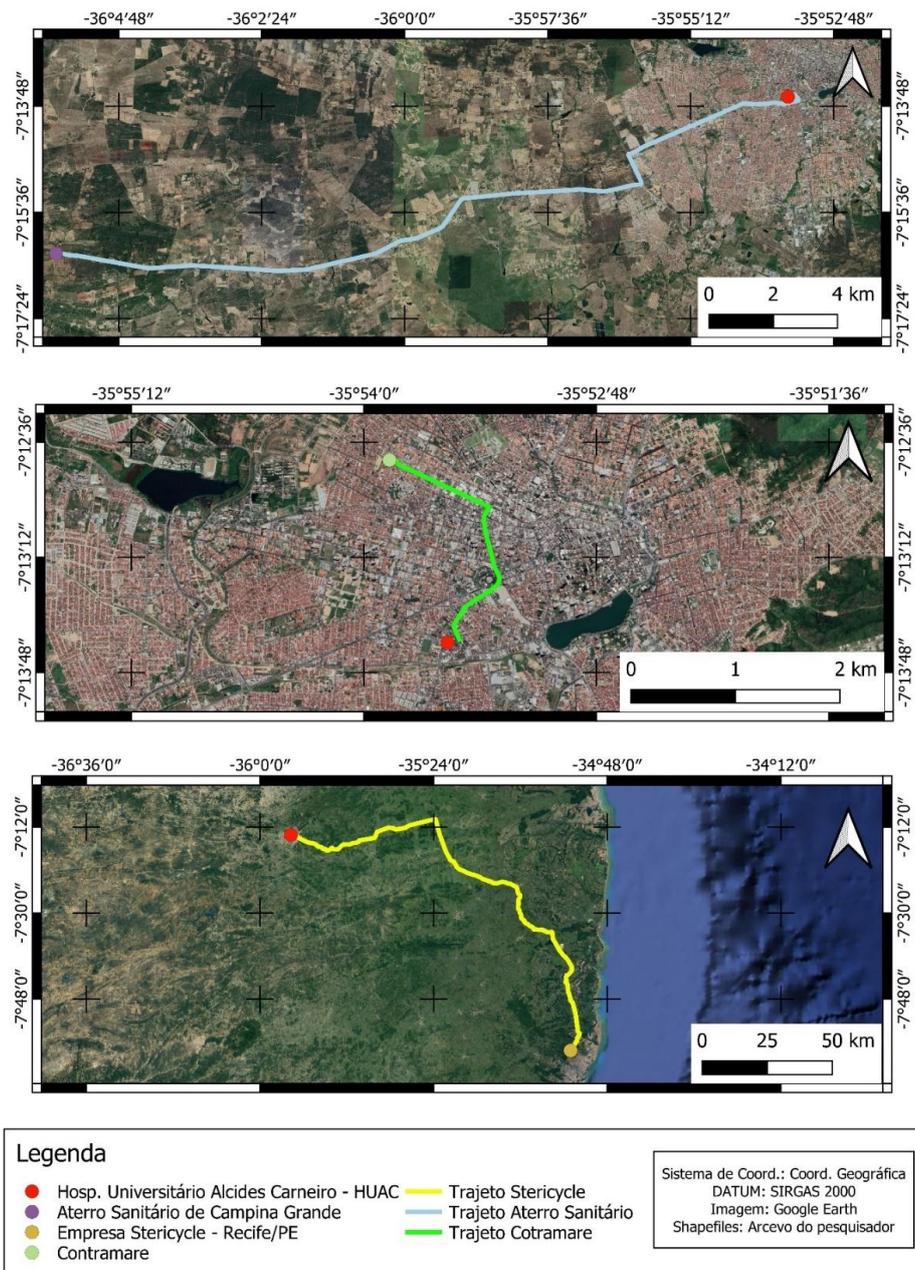


Figura 3. Trajetória do percurso realizado para coleta e destinação final dos resíduos de serviços de saúde. Fonte: adaptado de Google Earth (2021).



Tabela 4. Dados gerais a serem considerados no Inventário do Ciclo de Vida dos RSS

<b>Dados de entrada</b>	<b>Quantidade de resíduos de serviço de saúde (toneladas)</b>	
	<b>Tipos de resíduos</b>	
Aterro sanitário	Grupo D - Não recicláveis	151,90
Infectantes/perfurocortante	Grupo A/E	54,96
Reciclável	Grupo D	19,26
<b>Quantidade de combustível consumido no ano de 2020</b>		
HUAC – tratamento especial (litro)		495.374,544
HUAC – Aterro Sanitário (litro)		58.069,20
Aterro Sanitário (litro)		1,519
HUAC – Reciclagem (litro)		6.249,60
<b>Consumo de água e energia</b>		
Consumo de Água no Aterro Sanitário		-
Consumo de Água no setor de Reciclagem		22.560,06
Consumo de Água no setor de Tratamento Especial		-
Consumo de Energia do Aterro Sanitário (Kwh/ano)		6,22
Energia do setor de reciclagem (Kwh/ano)		193,04
Energia do setor de Tratamento Especial		-
<b>Dados de saída*</b>		<b>Kg</b>
CO <sub>2</sub> dos veículos HUAC – tratamento especial		1.289,46
CO <sub>2</sub> dos veículos HUAC – Aterro Sanitário		151,15
CO <sub>2</sub> dos veículos no Aterro Sanitário		3,95
CO <sub>2</sub> dos veículos HUAC – Reciclagem		16,27
CH <sub>4</sub> dos veículos HUAC – tratamento especial		3.581,02
CH <sub>4</sub> dos veículos HUAC – Aterro Sanitário		696,83
CH <sub>4</sub> dos veículos HUAC – Reciclagem		74,99
N <sub>2</sub> O dos veículos HUAC – tratamento especial		1.790,50
N <sub>2</sub> O dos veículos HUAC – Aterro Sanitário		348,40
N <sub>2</sub> O dos veículos HUAC – Reciclagem		37,49
CO <sub>2</sub> da célula no Aterro Sanitário**		2.945,57
CH <sub>4</sub> da célula no Aterro Sanitário**		25.339,23

Fonte: \*Dados a serem estimados pelo Centro Clima (2021); \*\*Dados a serem estimados por Moreira (2018).

Para a cooperativa dos catadores localizada no próprio município de Campina Grande, PB, a melhor distância entre o hospital e a COTRAMARE foi de 2,6 km, totalizando 5,2 km, considerando ida e volta, com tempo médio de dez minutos.

Os resíduos de serviços de saúde gerados no ano de 2020 foram de 226,15 toneladas no Hospital Universitário Alcides Carneiro, sendo classificado conforme o tipo, para resíduo comum a porcentagem é de 67,17%, para os infectantes/perfurocortantes de 24,30% e os recicláveis com



8,52%, Tabela 4. A quantidade de resíduos comum ainda é expressiva quando comparado aos demais tipos, o que pode diminuir esse quantitativo é maior eficiência no momento da segregação, direcionando de forma correta para seu tratamento final.

O consumo médio de água do setor de reciclagem foi de 1.171,3 kg/t e o consumo médio de eletricidade foi de 10,02 KWh/t, e para o aterro sanitário não considerou consumo de água apenas de eletricidade no valor de 0,041 (KWh/t) e consumo de diesel no valor de 0,010 L/t, convertendo para o quantitativo de resíduos de serviço de saúde gerados em 2020, conforme se observa na Tabela 4, baseado nos dados obtidos por Martins (2017) ao analisar cinco galpões de coleta seletiva em João Pessoa.

Para Oliveira et al. (2020) em uma avaliação do gerenciamento dos resíduos sólidos de um hospital no município em Minas Gerais foram gerados resíduos dos grupos A, B, D e E. Estes autores obtiveram uma média anual de junho de 2018 a junho de 2019 com valores de 202,3 kg/dia para o grupo D; 63,7 kg/dia (grupo A); seguido de 10,5 kg/dia do grupo E, e apenas 3,6 kg/dia para o grupo B. Para os autores, os resíduos comuns representaram 72% do total de RSS produzidos no hospital em um intervalo de um ano, enquanto que os resíduos biológicos representaram 23% do total, seguindo de 4% de perfurocortante e 1% de resíduos químicos.

Outro levantamento quantitativo dos resíduos gerados por um hospital de um município do Estado do Amazonas em 2016, Souza et al. (2020) verificaram que 45% desses resíduos pertenciam à classe dos perigosos, necessitando de tratamento especial, e após a elaboração de um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Saúde (PGRSS), essa porcentagem reduziu-se para 38%, desse total, 29% eram infectantes, havendo diminuição considerável dos resíduos infectantes (grupo A), aumento dos resíduos comuns (Grupo D) e constância proporcional para os resíduos perfurocortantes (Grupo E) (SOUZA et al., 2020). De acordo com a literatura proposta por Ferber (2011), que constatou que 30% dos resíduos em unidades de saúde foram considerados infectantes e 70% classificados como resíduos comuns, resultados superiores ao obtido nesta pesquisa em relação aos infectantes.

Em relação ao consumo de água e energia do Tratamento especial, não foi obtido dados primários, nem secundários, e seria importante obter a quantidade de água utilizada no aterro sanitário, que foi desconsiderado, Tabela 4.

Ao construir um ICV para a produção de agregados a partir de resíduos de construção e demolição, Paz (2020) observou que o consumo de combustível variou de 2 a 2,5 km/L gerando assim uma emissão de CO<sub>2</sub> de até 15,35 kg, considerando o consumo máximo dos caminhões, valor inferior ao obtido nesse estudo.

Bozzano (2019) ao realizar o ICV de resíduos industriais, identificou as entradas e saídas do sistema propiciando na mensuração dos impactos ambientais, colaborando para a concepção do banco de dados no Brasil, assim como o ICV obtido nessa pesquisa, já que não há estudos de ICV relacionados aos resíduos de serviços de saúde.



## **Conclusão**

A maior quantidade de resíduos registrada foi o comum que é direcionado para o aterro sanitário da cidade, com valor de 151 toneladas.

Os resíduos infectantes/perfurocortantes representaram 1/3 dos resíduos comuns.

O ICV foi fundamental para o desenvolvimento da ACV, principalmente direcionado para o gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde.

A construção do banco de dados possibilitou que outros estudos possam aprimorar e aplicar em outros setores semelhantes, principalmente no Brasil.

## **Referências Bibliográficas**

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2014.
- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil 2017. São Paulo: ABRELPE, 2018.
- ARAÚJO, E. C. DOS S.; SILVA, V. F. A gestão de resíduos sólidos em época de pandemia do Covid-19. *GeoGraphos*, v.11, n.129 p.192-215, 2020.
- BOZZANO, J. F. S. Inventário do ciclo de vida de resíduos industriais classe II-A submetidos ao processo de compostagem por revolvimento de leiras. 67f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia Mecânica). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2019.
- BRASIL. Decreto Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. *Diário Oficial da União*, Brasília- DF, 2 de agosto de 2010.
- BRASIL. Ministério da Educação. Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares. Acesso à Informação, 2020.
- CAFURE, V. A.; PATRIARCHA-GRACIOLLI, S. R. Os resíduos de serviço de saúde e seus impactos ambientais: uma revisão bibliográfica. *Interações*, v.16, n.2, p.301-314, 2015.
- CENTRO CLIMA. Emissão de Gases de Efeito Estufa-2050: Implicações Econômicas e Sociais do Cenário de Plano Governamental. CENTRO CLIMA/COPPE/UFRJ. Apoio: Instituto Clima e Sociedade (ICS) WWF - Brasil. 2021. 79p.
- CHARTIER, Y.; EMMANUEL, J.; PIEPER, U.; PRÜS A.; RUSHBROOK, P.; STRINGER, R.; TOWNEND, W.; WILBUM, S.; ZGHONDI, R. Safe management of wastes from healthcare activities. *Bulletin of the World Health Organization*, n.2, p.1-329, 2014.
- CONTRERAS-LISPERGUER, R.; MUÑOZ-CERÓN, E.; AGUILERA, J.; DE LA CASA, J. Cradle-to-cradle approach in the life cycle of silicon solar photovoltaic panels. *Journal of Cleaner Production*, v.168, p.51-59, 2017.
- CRUZ, P. P. da C. Avaliação do ciclo de vida e ecoeficiência para a promoção de desenvolvimento estratégico sustentável na indústria: uma revisão sistemática da literatura. 78f. Trabalho de Conclusão



de Curso (Graduação em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2021.

FERBER, M. C. S. Avaliação do sistema de gerenciamento de resíduos sólidos de serviço de saúde do hospital Instituto de Medicina e Cirurgia do Paraná – IMPC. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011. 92p.

FERREIRA, J. A. Resíduos sólidos e lixo hospitalar: uma discussão ética. Cadernos de Saúde Pública, v.11, p.314-320, 1995.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Poluição da Cidade de Campina Grande. Rio de Janeiro: 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/campina-grande/panorama>. Acesso em: 20 de janeiro de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Área territorial brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

INMETRO. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. Análise de Ciclo de Vida: Conceitos e função. BLUMENSCHNEIN, R. N.; MILLER, K. B. Palestra apresentada no Fórum Governamental de Responsabilidade Social. 2014. Disponível em: <[http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade\\_social/apresentacoes/3.pdf](http://www.inmetro.gov.br/qualidade/responsabilidade_social/apresentacoes/3.pdf)>. Acesso em: 22 de out. 2020.

KWIKIRIZA, S.; STEWART, A. G.; MUTAHUNGA, B.; DOBSON, A. E.; WILKINSON, E. A Whole Systems Approach to Hospital Waste. *Frontiers in Public Health*, v.7, p.1-9, 2019.

MARTINS, W. A. Avaliação do ciclo de vida do programa de coleta seletiva do município de João Pessoa-PB, Brasil. 112f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2017.

MOREIRA, F. G. dos S. Emissões fugitivas de biogás em célula de aterro sanitário. 90f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica. Centro de Engenharia Elétrica e Informática. Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, 2018.

OLIVEIRA, V. E. Avaliação do gerenciamento dos resíduos sólidos de um hospital no município de Minas Gerais. *Revbea*, v.15, n.7, p.59-70, 2020.

PAZ, C. F. Inventário do ciclo de vida aplicado à produção de agregados a partir de resíduos de construção e demolição. 117f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2020.

RENKE. C.; CALLOW L.; EGNOR T.; HONSTAIN C.; KELLOGG K.; POLLACK B. Utilization of pediatric nurse practitioners as adult critical care providers during the COVID-19 pandemic: A novel approach. *J Pediatr Health Care*, v.34, n.5, p.490-94, 2020.

SOUZA, I. G. O.; MORALES, B. F.; ALVES, R. C. Análise do Sistema de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde do Hospital Regional de Itacoatiara-AM. *Novos Cadernos NAEA*, v.23, n.3, p.223-240, 2020.



SOUZA, L. S. M.; SILVA, D. A. L.; RODRIGUES, T. O.; DIAS, L. G. M. E.; BRAGA, T. Levantamento de publicações científicas brasileiras para o incremento do banco nacional de inventário do ciclo de vida (ICV). In: Congresso Brasileiro sobre Gestão do Ciclo de Vida, 6, 2018, Brasília. Anais...Brasília 2018.

TURCONI, R.; BOLDRIN, A.; ASTRUP, T. Life Cycle Assesement (LCA) of electricity generation technologies: Overview, comparability and limitations. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v.28, p.555–565, 2013.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Fact-sheet nº 253 - Health-care waste. 2015. Disponível em: <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs253/en/>>. Acesso em: 20 de out. 2020.



# INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA DA CADEIA PRODUTIVA DA CELULOSE E PAPEL

**Dihego de Souza Pessoa**

*Doutoranda em Eng. e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
dihegopessoa@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0001-6954-4610>

**Viviane Farias Silva**

*Dr<sup>a</sup>. Profa. Titular, UFCG, Patos-PB, viviane.farias@ufcg.edu.br*

 <https://orcid.org/0000-0002-5891-0328>

**Lílian de Queiroz Firmino**

*Doutoranda em Eng. de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB, naililufcgcta@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-3919-4100>

**Miriam Souza Martins**

*Mestranda em Eng. e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
miriam2009souza@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-3512-4770>

**Igo Marinho Serafim Borges**

*Doutorando em Eng. e Gestão de Recursos Naturais, UFCG, Campina Grande-PB,  
igomarinho27@gmail.com*

 <https://orcid.org/0000-0002-3662-1859>



## **Introdução**

A cadeia produtiva de celulose e papel destaca-se por suas modernas unidades fabris, pela qualificação de profissionais, florestas altamente produtivas e um trabalho que respeita os critérios de sustentabilidade. É composta pela produção e extração madeireira, e pela fabricação de celulose e papel. Outra característica importante desta cadeia é que o mercado é altamente concentrado em grandes empresas, por ser um setor intensivo em capital (OLIVEIRA et al., 2018). Essas empresas têm sua produção integrada, desde o plantio das florestas até a fabricação de produtos de papel, geralmente as florestas são certificadas e seu plantio atende exclusivamente ao uso industrial.

No Brasil, as condições edafoclimáticas favoráveis e a tecnologia florestal de alto grau de desenvolvimento, fornecem vantagens competitivas, e aumentos nos coeficientes de produtivos da celulose com redução de custos (OLIVEIRA et al., 2018). Considerando a cadeia de papel e celulose, o investimento brasileiro se concentra no segmento de celulose, situando-se como o sétimo maior produtor mundial, o décimo primeiro maior produtor de papel e um dos quinze maiores mercados consumidores, dada a própria configuração industrial do país, de forma em que existe uma tendência à consolidação de sua atuação no segmento. O cenário no Brasil é de alta produtividade em relação aos competidores internacionais, com possibilidades de redução de custos (MARTINS, 2018).

A celulose constitui um material fibroso, produzido a partir de meios químicos ou mecânicos, ou por sua combinação. Material encontrado na madeira (árvores coníferas e folhosas) e em outras matérias-primas celulósicas, como a palha, o bagaço de cana, o algodão e determinadas gramíneas (GIESBRECHT, 2017), sendo a celulose a matéria prima para a produção do papel e suas diversidades.

O Sistema Nacional de Informações Florestais define cadeia produtiva como as etapas consecutivas que passam, são transformados e transferidos os insumos, desde a pré-produção ao consumo final de um bem ou serviço. A cadeia produtiva florestal é uma atividade econômica complexa e diversificada de produtos, aplicações energéticas e industriais (SNIF, 2022). Segundo Dantaset al. (2013), essa cadeia define-se como o conjunto que inclui sistemas produtivos, fornecedores de insumos e serviços, indústrias de processamento e transformação, agentes de distribuição e comercialização, além dos consumidores finais.

A eficiência e aplicação financeira no sistema produtivo têm importância expressiva no âmbito econômico de um setor, possibilitando a multiplicação da economia da região, potencializando a renda e emprego do local, como afirmam Babilônia e Wander (2021). Dessa maneira, conhecer todas as fases da cadeia produtiva é relevante buscando diminuir os impactos ambientais, otimizar os processos no intuito de alcançar a sustentabilidade.

A ferramenta ACV vem se destacando a partir da sua rápida ampliação em diversos setores da indústria, devido a sua aplicabilidade. A utilização da metodologia da ACV como ferramenta é importante na tomada de decisões referentes à escolha de sistemas de gestão de resíduos, em



estratégias quanto à priorização de uso de recursos naturais, ou ainda na redução de impactos oriundos da cadeia de produção. É capaz de fornecer uma visão geral dos aspectos ambientais de diferentes estratégias de gestão, sendo possível comparar seus potenciais impactos ambientais (CHERUBINI et al., 2009).

O Inventário do Ciclo de Vida (ICV) de um produto é a fase em que os dados, sejam eles coletados, medidos, calculados ou estimados, servem para quantificar as entradas e saídas de um processo, servindo como base para a avaliação de impacto do ciclo de vida do produto (ABNT, 2014).

Avaliar o ciclo de vida da cadeia produtiva do papel e celulose é uma maneira de tornar eficiente a gestão ambiental destas atividades produtivas, aplicando a ACV como instrumento, como afirma a NBR ISSO 14.040/2014 sobre a capacidade que esta ferramenta possui para identificar os danos ambientais durante todo processo produtivo, ou durante o ciclo de vida, contribuindo na identificação em cada fase da cadeia produtiva que pode ser reduzido os impactos, auxiliando na tomada de decisão e tornando eficiente a gestão (ABNT, 2014).

Acrescenta-se que a construção da cadeia produtiva se torna base para a realização do ICV, considerando a etapa primordial para realização de ACV, abrangendo banco de dados, coletas em campo, cálculos para estimar entradas e saídas dos processos (ABNT, 2014). Sendo os valores de ICV que vão caracterizar a situação real do local avaliado resultando em valores de impactos ambientais, como relata Molin (2021).

Nesse contexto, a pesquisa objetiva-se realizar a construção da cadeia produtiva do papel e celulose para servir como base para a concepção do inventário do ciclo de vida.

## **Material e Métodos**

De acordo com as normas da ABNT (2014) e ILCD (2012), no uso da ACV, deve ser considerado os seguintes aspectos: definição do objetivo e escopo; análise de inventário; avaliação do impacto e interpretação do ciclo de vida. Neste estudo foi considerada a definição do objetivo e escopo e a construção do ICV. No ICV foi identificado as entradas e saídas do sistema.

O inventário da cadeia produtiva da celulose e do papel no Brasil foi realizada através de pesquisas bibliográficas no Google Acadêmico e Web of Science, construindo o fluxograma da cadeia, identificando cada etapa e descrevendo-as. Abordando desde a produção das mudas até consumidor final e a destinação após uso, considerando a execução de ICV do berço ao caixão, a forma mais completa de ACV, como se observa na Figura1.

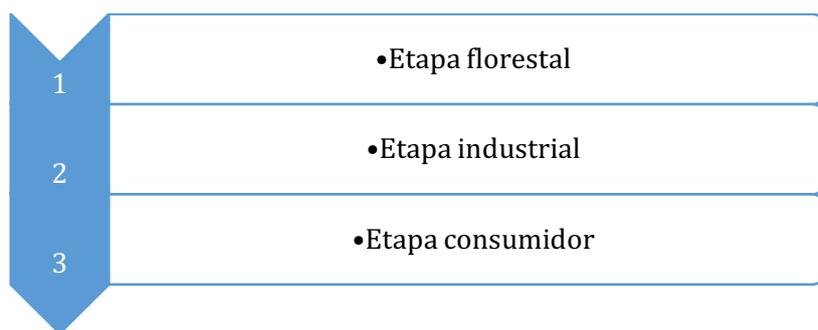


Figura 1. Escopo das etapas da construção do ICV.

De acordo com Gomes (2021) esta forma sistemática é denominada comumente do berço ao túmulo, em que são observadas as informações de todas as etapas do processo.

## Resultados e Discussão

A cadeia produtiva da celulose e papel baseia-se em três etapas principais: a etapa florestal, composta pelo processo de transformação das mudas para a madeira; a etapa industrial e da madeira para a celulose; e a etapa do consumidor final. É importante frisar que a cadeia produtiva industrial é composta por etapas consecutivas de transformação de diversos insumos até chegar ao produto final que será comercializado. Além dos insumos básicos, inclui a matéria-prima, máquinas e equipamentos, distribuição, prestadores de serviços, até chegar aos consumidores. Desta forma, a indústria de papel e celulose inicia seu processo de produção no plantio da espécie florestal, seguido de sua colheita fornecida na etapa de extração florestal.

### *Etapa florestal*

No final de cada processo da etapa florestal como pode ser observado na Figura 2, a ocorrência de impactos ambientais e emissões de gases, que são considerados a saída, ou seja, *outputs*, enquanto as entradas (*inputs*) que são inseridos em cada fase, sendo necessário para o funcionamento e para a produção de madeira para celulose.

A celulose é produzida a partir de fibras vegetais, obtidas na etapa florestal através da madeira de eucalipto e de pinus que são as mais indicadas para esse fim, pois resultam em maior produtividade e em produtos de alta qualidade (ROCHA, 2006).

A silvicultura para fins da indústria da celulose, está subdividida, basicamente, em 3 etapas: produção de mudas em viveiros, o plantio de mudas e a colheita da madeira (IBA, 2017; 2021), como nota-se na Figura 2, fazendo parte da etapa florestal.

A produção em viveiros de mudas é mais intensiva, significativamente, quanto à tecnologia e gestão do conhecimento utilizados, em comparação com as demais etapas. O setor de celulose muito tem contribuído nas pesquisas de melhoramentos genéticos no Brasil, fomentando outras tecnologias



para o desenvolvimento de uma maior produtividade florestal. O plantio das mudas requer muitas atividades de manutenção, assim como expressiva mão-de-obra. Já a colheita, é menos intensiva em mão-de-obra, realizada por grandes colhedoras (Figura 2).

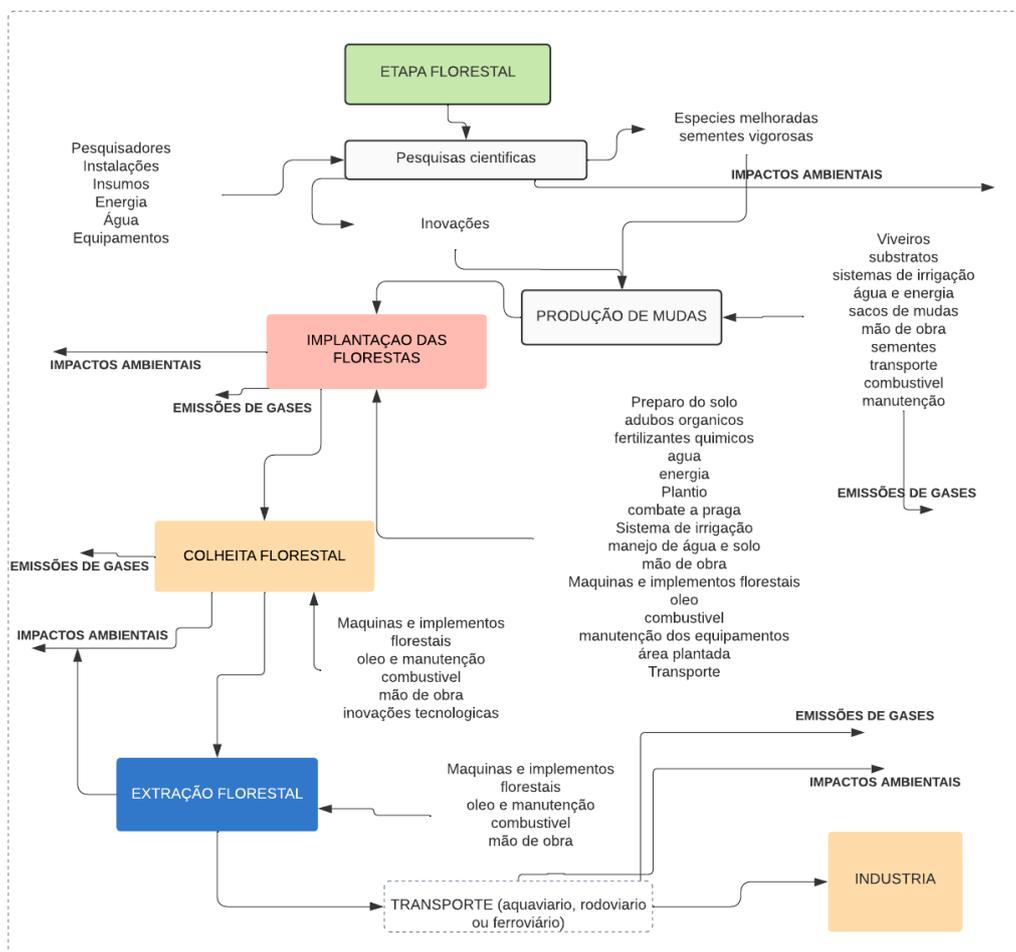


Figura 2. Inventário do processo produtivo para etapa florestal.

Na fase de produção de mudas, deve ser levado em consideração o substrato, sendo recomendado que na composição do substrato sejam misturados mais de dois componentes para resultar em características físicas que propiciem o desenvolvimento das mudas, considerando os valores de aquisição, bem como as mudas devem estar padronizadas com altura da planta entre 15 a 25 cm e diâmetro de caule superior a 2mm, como descrevem Wendling e Dutra (2017). A produção de sementes e mudas é a segunda fase primordial, como nota-se na Figura 2, sendo essencial ser realizado de forma adequada para que as mudas estejam adequadas para plantio.

Na silvicultura brasileira, cada vez mais tem se avançado na expansão das plantações de eucalipto, impulsionadas, principalmente, pela expansão da indústria celulósico-papeleira, que tem apresentado taxas de crescimento significativas e consistentes nos últimos anos. Para melhoramento genético, diversas empresas vêm contribuindo ao longo dos anos obtendo resultados fundamentais



para os produtores, evidenciando a inserção de materiais genéticos novos, aumentando a qualidade das espécies, as características adaptativas, como relatam Santos et al. (2021).

Para que seja viável, a produção da celulose precisa ser feita em grande escala, em vista dos elevados custos do seu processo produtivo nas etapas florestais e industriais. Isto evidencia que os investimentos em uma planta celulósico-papeleira são irreversíveis, na medida em que uma opção de mudança para outro tipo de negócio torna-se inviável, tendo em vista os elevados custos iniciais de implantação (OLIVEIRA, 2019).

Entidades do setor público e privado são responsáveis pela correção e defesa da produção primária, atuando para suprir exigências da indústria de papel e celulose, através de pesquisas e no melhoramento de variedades, da produção de mudas em viveiro e no desenvolvimento de técnicas de cultivo. Essas etapas costumam ser financiadas pela indústria visando chegar à unidade produtiva. Como foi observado no Projeto Genolyptus, havendo participação de instituições públicas, privadas e internacionais, com custo de R\$ 8 milhões, não contabilizando outros fatores, como salários dos pesquisadores e bolsas para pesquisadores (GRATTAPAGLIA, 2021).

As espécies florestais que frequentemente são aplicadas no plantio são eucalipto e pinus, com produção média de 36 m<sup>3</sup>/ha e 31 m<sup>3</sup>/ha, respectivamente para estas espécies, sendo mais rentáveis que outras, tempo mais curto de colheita, assim como pode variar de acordo com questões bióticas e abióticas (IBA, 2021).

A fase que transcorre dentro da propriedade agrícola abrange desde o plantio até a colheita, começando pela implantação e manutenção de florestas, onde ocorre o preparo do solo, o plantio, a adubação, o combate às pragas e às invasoras e a proteção florestal. Após dá-se a colheita florestal, o baldeio e o transporte. A colheita é definida como sendo a coleta da produção madeireira em campo, tornando-se a finalização de uma etapa, para iniciar outra, como afirmam Brown e Diniz (2017). Todo esse processo envolve atividades na unidade produtiva, durante um período de cinco a sete anos (OSÓRIO, 2014). O tempo médio para o corte do eucalipto, no Brasil, se desenvolve no período de 7 anos, em média, tempo este decorrente da alta produtividade do setor e dos fatores climáticos favoráveis no país (EMBRAPA, 2014).

Para ocorrer a colheita é necessário haver inicialmente o corte da árvore, havendo a derrubada, desgalhamento, destopamento, traçamento e pré-extração, em seguida é realizado a extração florestal podendo ser realizada em forma de baldeio ou arraste (LIMA, 2021; RODRIGUES, 2018). A colheita pode ser executada da seguinte maneira: árvores inteiras, toras curtas ou toras longas (SANTOS et al., 2015). Os custos que envolve a parte operacional abrangem custos fixos, como os juros, seguros e depreciação, enquanto os custos variáveis estão inclusos a mão de obra, pneus/esteira, combustível, manutenções, e para o custo administrativo é adicionado valor de 5 a 9% em relação aos custos fixos e variáveis, com valores variando de R\$ 370,00 a R\$ 540,00 para as



máquinas de corte florestal e de R\$ 280,00 a R\$ 330,00 para as máquinas de extração florestal (LIMA, 2021).

A última etapa a ser realizada é o transporte, como verifica-se na Figura 2, no qual os produtos florestais são encaminhados por meio de aquaviário, rodoviário ou ferroviário, como relata Rodrigues (2018). Esta etapa florestal contribui com mais de 50% no valor final do produto madeireiro, como afirmam Minette et al. (2004). Dessa maneira, evidencia-se que conhecer toda cadeia produtiva para identificar os fatores que desencadeiam impactos e tornar eficiente a parte operacional e produtiva, auxilia na diminuição de custos e danos ambientais (LOPES & DINIZ, 2015).

### Etapa industrial

Para a obtenção da celulose da madeira, torna-se necessário, o uso, na indústria, de maquinário, produtos químicos (como soda líquida ou licor branco, licor preto, alvejantes, oxigênio e dióxido de cloro), água e energia (OSORIO, 2014) (Figura 3). A produção de celulose proveniente da madeira e destinada a fabricação de papel são classificadas de acordo com suas fibras, processo de fabricação e destinação. A celulose sendo integrada ou de mercado pode ser considerada como: Celulose kraft branqueada de fibra curta ou longa; Celulose kraft não branqueada; Pasta mecânica e demais usos, como afirmam Vidal e Hora (2012).

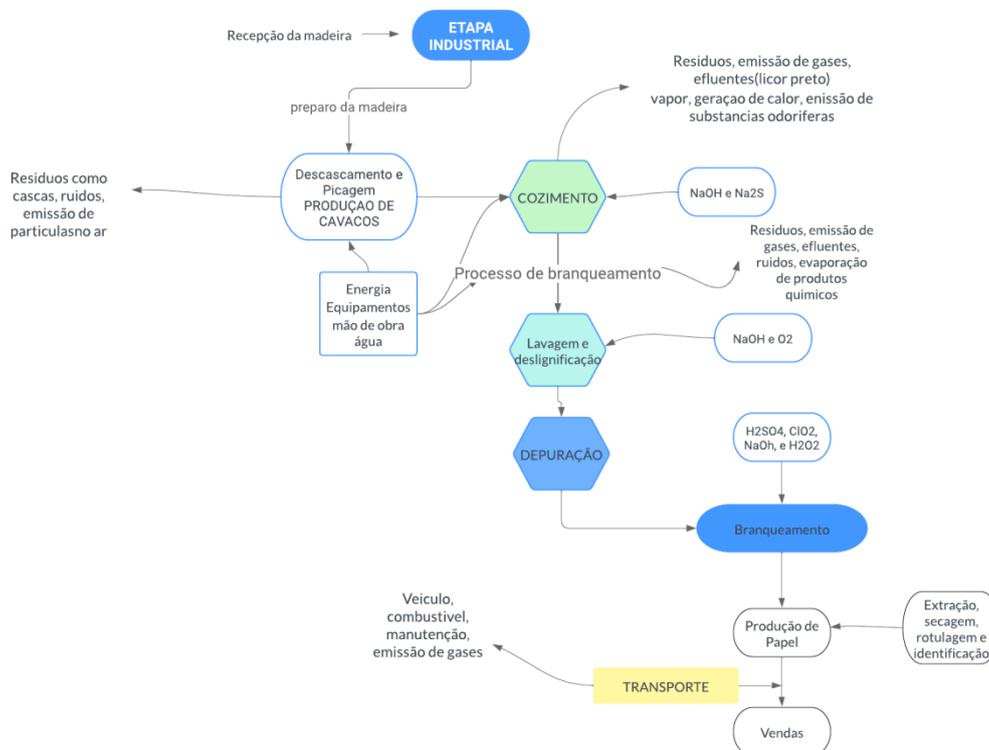


Figura 3. Inventário do processo produtivo para etapa industrial.



As principais etapas de produção industrial da celulose no processo Kraft são: preparação de matérias-primas; deslignificação química; depuração e lavagem; deslignificação com oxigênio; reaproveitamento de resíduos gerados no processo através da utilização de caldeiras de recuperação (sistema fechado); branqueamento (consiste em branquear a polpa proveniente da deslignificação com objetivo de atingir o nível de alvura requerido pelo mercado); secagem e enfardamento (Figura 3), como destacam Vidal e Hora (2012).

O processo de fabricação da celulose tem início a partir do tratamento físico-químico dos cavacos (pedaços) de madeira, que são cortados em formatos e tamanhos específicos para facilitar o cozimento e a consequente obtenção da fibra de celulose (Figura 3).

Na Figura 3, nota-se que após a operação de cozimento ou deslignificação química, a celulose segue para a lavagem, vindo depois a depuração, processo no qual a fibra é submetida a um peneiramento – durante a lavagem, ocorre a remoção das impurezas solúveis, entretanto, para obtenção de uma celulose de alta qualidade, as impurezas sólidas devem ser removidas. A polpa é lavada com o objetivo de minimizar a perda de químicos no processo de branqueamento. Após a depuração e lavagem, ocorre a deslignificação com oxigênio.

Em seguida, a celulose é branqueada (Figura 3), através de produtos químicos que variam conforme a tecnologia de branqueamento utilizada – dióxido de cloro ( $\text{ClO}_2$ ), peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), oxigênio ( $\text{O}_2$ ) e ozônio ( $\text{O}_3$ ) – deixando-a, desse modo, branca, fase que gera o maior potencial de geração de impactos ambientais negativos, como destacam Manara et al. (2015). A celulose que não passa por esta etapa, que possuem cor marrom, são destinadas para a produção de embalagens e papelão.

Manara et al. (2015) ao avaliarem o processo de branqueamento da celulose identificaram na fase descascamento e picagem, de onde saem os cavacos picado tratado e os resíduos são as cascas que seguem para o cozimento gerando a massa marrom cozida e o licor preto (efluente), seguindo apenas a massa marrom para a lavagem, na qual vai gerar mais efluente, no processo seguinte denominado de deslignificação haverá a transformação da massa marrom que passará pelo branqueamento resultando na massa de celulose branqueada.

Durante a fase industrial para a produção da celulose, Manara et al. (2015) constataram diversos impactos ambientais, destacando-se, poluição hídrica, do solo e ar, decorrentes da emissão de partículas no ar, vapor, geração de calor, efluentes, geração de resíduos sólidos, emissão de substâncias odoríferas, consumo de água, ruído, evaporação de produtos químicos e entre outros. Na última fase de produção, denominado de enfardamento, onde a celulose é peneirada e enviada para ser realizada a secagem e em seguida a preparação dos fardos de celulose, estando pronto para ser encaminhado para à produção do papel, rotulagem e identificação, sendo encaminhados para o setor de venda (Figura 3).



Na Figura 4, nota-se que após o setor de vendas o papel vai para o mercado interno e externo, seguido da etapa final do processo, ao encargo dos varejistas, que realizam a distribuição do produto final ao consumidor.

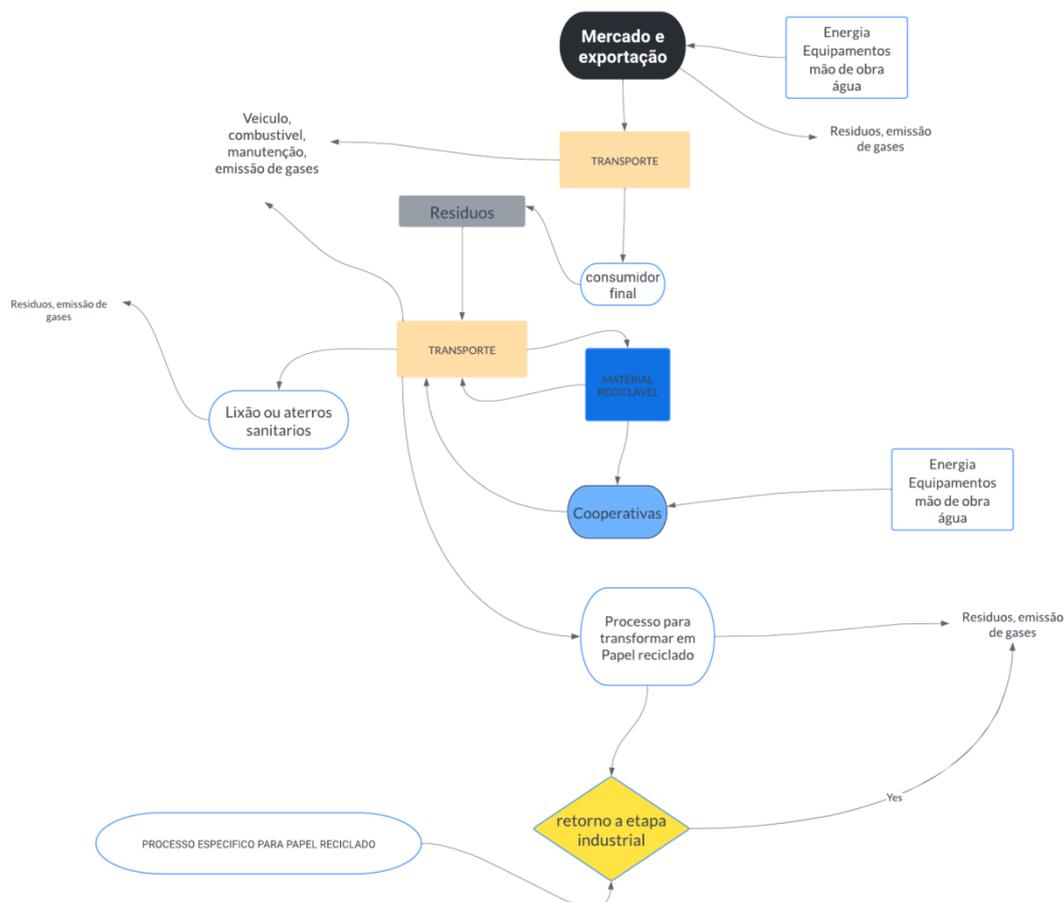


Figura 4. Inventário do processo produtivo para etapa consumidores.

No consumidor final são gerados os resíduos (Figura 4), e grande parte podem ser reciclados, porém é necessário que haja a separação correta e com auxílio dos poderes públicos interagindo com associações de recicladores que podem potencializar e tornar eficaz a coleta e encaminhamento adequado dos resíduos de papéis que podem ser inseridos novamente na cadeia produtiva, reduzindo o consumo de matéria prima, não sendo necessária a etapa florestal.

Com a celulose, ocorre a produção de papéis diversos como para impressão, cadernos, revistas, absorventes íntimos, papel higiênico, guardanapo, fraldas descartáveis, viscose, roupas, filamento de pneus, acetatos para produção de filmes, ésteres para tintas, cápsulas para medicamentos, espessantes para alimentos e componentes eletrônicos (SOARES et al., 2010), que são os produtos destinados ao mercado interno e externo, assim como a celulose.

De acordo com Olival et al. (2012), as indústrias de celulose e papel necessitam do uso intensivo de água e energia, apresentando, um grande potencial de impactos ambientais negativos sobre os recursos naturais. Entretanto, muitas empresas do setor têm utilizado circuitos fechados de



águas e caldeiras de combustão de biomassa como fonte alternativa de energia em substituição a outros geradores à base de combustíveis fósseis, como forma de mitigação dos impactos ambientais. Além do tratamento e monitoramento de águas residuárias.

A cadeia produtiva florestal abrange diferentes etapas de produção de madeira, energia, celulose e papel, reciclagem, produção gráfica e editorial e também atividades de comércio, distribuição e transporte (OLIVEIRA et al., 2018), como observado nas três etapas. Trata-se de um segmento que necessita essencialmente de espaços com grandes potenciais hidrológicos, permitindo o plantio e colheita de eucaliptos, assim como da instalação de uma infraestrutura e localização geográfica estratégica para o escoamento da produção, construção de fábrica e moradia para os funcionários.

Os principais desafios do setor estão relacionados aos investimentos em mão de obra, logística gestão e segurança digital. Além disso, outro obstáculo do setor é o grande período de maturação das plantas industriais, levando muitos anos para que as inovações sejam adotadas na indústria (MARTINS, 2018).

Mesmo assim, são necessárias políticas que fortaleçam o segmento de celulose garantindo a manutenção de sua competitividade no mercado, a partir de políticas de incentivo aos preços de maquinários e equipamentos, ao aumento das áreas reflorestadas, o aperfeiçoamento de linhas de crédito e financiamentos, assim como ao fomento florestal, redução da taxa de juros, melhoria em logística e infraestrutura, apoio ao desenvolvimento tecnológico e política cambial favorável às exportações (SANTI, 2018).

## **Conclusão**

A cadeia produtiva da celulose e papel é extensa e a sua divisão em três etapas permite visualizar as entradas e saídas facilitando sua identificação e quantificação;

A etapa florestal é longa devido ao período de tempo para o corte das árvores de no mínimo 5 anos, sendo onerosa;

A etapa industrial utiliza diversos produtos químicos sendo o que produz maior diversidade de impactos ambientais;

A etapa consumidor tem maior produção de resíduos e geração de gases devido ao transporte, havendo falhas na fase de recolhimento dos materiais recicláveis e seu retorno a cadeia produtiva; Através do ICV da celulose e papel averiguou-se que ainda precisa de tecnologias e incentivos para alcançar a sustentabilidade empresarial neste mercado.

## **Referências**

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 14040: Gestão Ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. 2014.



- IBÁ. Associação da Indústria Brasileira de Árvores. Relatório Anual 2021. 2021. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios>>. Acesso em: 8 jun. 2021.
- IBÁ. Associação da Indústria Brasileira de Árvores. Relatório de produção da Silvicultura no Brasil. 2017. Disponível em: <<https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios>>. Acesso em: 8 jun. 2021.
- BABILÔNIA, F. R.; WANDER, A. E. Cadeia produtiva da celulose em Imperatriz-MA. Embrapa Arroz e Feijão, v.9 n.1, p.7-28, 2021.
- BROWN, R. O.; DINIZ, C. C. C. Colheita florestal e manutenção de equipamentos móveis. In: Semana de Aperfeiçoamento em Engenharia Florestal, 1., 2017, Curitiba. Anais... Curitiba: UFPR, 2017. CARDOSO, S. de O. Análise de investimento de capital na indústria brasileira de papel e celulose por meio da Teoria das Opções Reais: o caso da Fibria Celulose S.A. 148f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2014.
- CHERUBINI, F.; BARGIGLI, S.; ULGIATI, S. Life cycle assessment (LCA) of waste management strategies: Landfilling, sorting plant and incineration. Energy, v.34, n.12, p.2116-2123, 2009.
- DANTAS, A.; KERTSNETZKY, J.; PROCHNIK, V. Empresa, indústria e mercados. In: HASENCLEVER, L.; KUPFER, D. (Orgs.). Economia Industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 15-24, 2013.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda. SANTAROSA, E.; PENTEADO JÚNIOR, J. F.; GOULART, I. G. DOS R. (Ed). Brasília, DF, 2014. 138p.
- GIESBRECHT, B. M. Caracterização tecnológica da madeira de *Acacia mearnsii de Wild.* para a produção de polpa celulósica kraft. 94f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2017.
- GOMES, D. A. Avaliação do ciclo de vida dos materiais como ferramenta técnica para produção de construções mais sustentáveis. Anais do Seminário de Pesquisa e Produtividade da FESV e FESVV, v.2, n.4, p.57-59, 2021.
- GRATTAPAGLIA, D. Genômica aplicada à genética e melhoramento de Eucalyptus na Embrapa: 25 anos de avanços e as perspectivas para o futuro. Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. p.204-265, 2021.
- LIMA, P. G. M. D. S. Produtividade e custos da colheita florestal mecanizada no Brasil: uma revisão sistemática (2001-2021). 50f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal). Universidade de Brasília. Brasília, 2021.
- LOPES, E. S.; DINIZ, C. C. Produtividade do trator florestal Chocker Skidder na extração de madeira em terrenos declivosos. Revista Floresta. V.45, n.3, 45p, 2015.



- MANARA, M. R.; MONARO, D. L. G.; MACHADO, T. S.; MONARO, R. L. G. Avaliação do processo produtivo de celulose branqueada com base nos princípios da ACV-Avaliação do ciclo de vida. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 35, 2015, Fortaleza. Anais...Fortaleza, 2015.
- MARTINS, N. F. S. Estudo das vantagens da aplicação de metodologias, indústria 4.0, no contexto industrial. 150f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica). Instituto Politecnico do . Portugal, 2018.
- MINETTE, L. J.; MOREIRA, F. M. T.; SOUZA, A. P. D.; MACHADO, C. C.; SILVA, K.R. Análise técnica e econômica do Forwarder em três subsistemas de colheita de florestas de eucalipto. Revista *Árvore*, v.28, p.91-97, 2004.
- MOLIN, N. D. Avaliação da atividade vitivinícola na Serra Gaúcha com vistas à elaboração de inventários do ciclo de vida da cadeia produtiva. 185f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciências Ambientais). Universidade de Caxias do Sul. Caxias do Sul, 2021.
- OLIVAL, F. L.; SOBRAL, M. C.; TEIXEIRA, H. J.; HILDEBRAND, C. C.; ALMEIDA, M. I. R. Desenvolvimento Sustentável: análise das relações interorganizacionais na indústria de celulose e papel. *Ambiente & Sociedade*, v.15, n.1, p.71-92, 2012.
- OLIVEIRA, A. B.; MARMANILLO, J.; NASCIMENTO, A. A. Cadeia produtiva de papel e celulose e transformações recentes no sudoeste maranhense. *Revista Interespaço*, v.4, n.12, p.135-154, 2018.
- OLIVEIRA, A. B. Indústria de celulose e o avanço da silvicultura do eucalipto na fronteira agrícola da Amazônia maranhense. *Geosul*, v.34, n.71, p.301-327, 2019. OSÓRIO, E. G. Indústria de papel e celulose: estudo de caso da implantação da VCP Florestal no extremo sul do Rio Grande do Sul. 58f. Monografia (Graduação em Ciências Econômicas). Centro Sócio-Econômico. Economia. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.
- ROCHA, S. S. Sustentabilidade no setor brasileiro de papel e celulose: uma análise comparativa entre empresas nacionais e transnacionais. 133f. Dissertação (Mestrado em Economia). Universidade Estadual Paulista. Araraquara, 2006.
- RODRIGUES, C. K. Colheita e transporte florestal. 2018. 68p.
- SANTI, T. Negócios e Mercado: Segurança Cibernética na Indústria 4.0. *O Papel*. v.79, n.2, p.59-60, 2018.
- SANTOS, D. W. F. D. N.; LEITE, E. S.; SOUZA, D. R.; FERNANDES, H. C. Análise técnica-econômica de sistemas de colheita: toras curtas e toras longas sob métodos mecanizado e semimecanizado. *Magistra*, v.27, p.412-423, 2015.
- SANTOS, P. E. T.; PALUDZYSZYN FILHO, E.; RIBASKI, J.; DRUMOND, M. A.; DE OLIVEIRA, V. R. Melhoramento genético e lançamento de cultivares. *Embrapa Florestas*, p.114-116, 2021.
- SNIF. Sistema Nacional de Informações Florestais. Cadeia Produtiva. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/cadeia-produtiva>. Acesso em: 27/05/2022.



SOARES, N. S.; OLIVEIRA, R. J.; CARVALHO, K. H. A.; SILVA, M. L.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R. A cadeia produtiva da celulose e do papel no Brasil. *Floresta*, v.40, n.1, p.1-22, 2010.

STANTON, D. *Gestão de cadeia de suprimentos para leigos*. Rio de Janeiro: Alta Books, 2019. 352p.

TEIXEIRA, M. B. D.; OLIVEIRA, R. A.; GATTI, T. H.; SUAREZ, P. A. Z. O Papel: uma breve revisão histórica, descrição da tecnologia industrial de produção e experimentos para obtenção de folhas artesanais. *Rev. Virtual Quim.*, v.9, n.3, p.1364-1380, 2017.

VIDAL, A. C. F.; HORA, A. B. A indústria de papel e celulose. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (Brasil). *BNDES 60 anos: perspectivas setoriais*. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2012. p.334-381.

WENDLING, I.; DUTRA, L. F. Produção de mudas de eucalipto por sementes. In: WENDLING, I.; DUTRA, L. F. (org.). *Produção de mudas de eucalipto*. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. p. 13-46.



## CURRICULUM DOS ORGANIZADORES

**Paulo Roberto Megna Francisco:** Atuou como Pesquisador de Desenvolvimento Científico Regional de Interiorização na Universidade Federal da Paraíba - UFPB - CCA/Areia. Graduando em Engenharia Agrícola pela UFCG. Doutorando em Recursos Naturais (Concentração em Engenharia de Recursos Naturais). Possui Doutorado em Engenharia Agrícola (Concentração em Irrigação e Drenagem) pela Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (2013), Mestrado em Agronomia - Manejo de Solo e Água (Concentração - Agricultura Sustentável e Planejamento Ambiental) pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB - Areia (2010) e Graduação em Tecnologia Agrícola - Mecanização pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP - Bauru (1990). Tem experiência na Docência na área de Agronomia, com ênfase em Mecanização Agrícola, Máquinas e Implementos Agrícolas e Máquinas Agrozootécnicas. Atuando atualmente como pesquisador e colaborador em projetos junto à UFPB Campus de Areia e Campus de João Pessoa, UFCG - Campus de Campina Grande e Campus de Sumé. Tem experiência em classificação técnica e mapeamento de solos, aptidão agrícola, capacidade de uso do solo, geoprocessamento, cartografia, sensoriamento remoto, geoestatística, geração de balanço hídrico e índices climáticos. Prestou consultoria para o INCRA/PB na realização de PDAs. Atualmente é Consultor Ad hoc do CONFEA como organizador do CONTECC. Editor Chefe da Editora Portal Tecnológico-EPTEC.  
**paulomegna@gmail.com**

**Viviane Farias Silva:** Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2013), Mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2015) e Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Campina Grande (2017). Pós Doutora em Recursos Naturais (2017-2019). Professora do Magistério superior da Unidade Acadêmica de Engenharia Florestal na área de ciências básicas, Engenharia e Tecnologia Rural da Universidade Federal de Campina Grande.  
**viviane.farias@professor.ufcg.edu.br**



978-65-00-47772-6