

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS - UFPEL
Centro de Engenharias
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais
Mestrado em Ciências Ambientais



AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA NO BENEFICIAMENTO DO ARROZ

Lílian de Queiroz Firmino

Pelotas, 2021

Lílian de Queiroz Firmino

AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA NO BENEFICIAMENTO DO ARROZ

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas - UFPEL, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof^ª. Dr^ª. Gizele Ingrid Gadotti

Co-orientador: Prof^ª. Dr^ª. Viviane Farias Silva

Pelotas, 2021

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

F526a Firmino, Lílian de Queiroz

Avaliação de ciclo de vida no beneficiamento do arroz /
Lílian de Queiroz Firmino ; Gizele Ingrid Gadotti, Viviane
Farias Silva, orientadoras. — Pelotas, 2021.

94 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação
em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias,
Universidade Federal de Pelotas, 2021.

1. Processamento de grãos. 2. Categorias de impacto. 3.
CML 2001. 4. OpenLCA. I. Gadotti, Gizele Ingrid, orient. II.
Silva, Viviane Farias, orient. III. Título.

CDD : 363.7

Agradecimentos

A presente pesquisa que originou esta dissertação de mestrado não seria desenvolvida sem o precioso apoio de várias pessoas.

Em primeiro lugar agradeço a Deus Pai todo poderoso, pois até aqui me sustentou. Não posso deixar de agradecer às minhas orientadoras, Professora Doutora Gizele Ingrid Gadotti, pelo apoio e dedicação sempre que solicitada, pelas ideias e contribuições sempre pertinentes, e muito obrigada por me corrigir sem nunca me desmotivar. Sou igualmente grata também à Professora Doutora Viviane Farias Silva por sua co-orientação, obrigada por me fazer rir e me resgatar das crises de “Travei, não sei como fechar esse parágrafo; Travei, não consigo...” muito obrigada por tamanha dedicação e compreensão.

Desejo igualmente agradecer a todos os meus colegas do Mestrado em Ciências Ambientais, Turma 2019.1. Estar entre os seus iguais é bom, mas, fazer parte de uma turma com múltiplas formações foi um verdadeiro presente em meio a correria da vida acadêmica, grata a Deus pela vida de cada um de vocês. A Raquel Leão, em especial, sou grata pela conquista de mais essa amiga que levarei no coração por toda minha vida.

Por último, e especialmente importante, quero agradecer ao meu amado esposo Joseano Graciliano da Silva, pelo apoio incondicional que tem me dado, pela parceria em todos os momentos, momentos que por vezes, graças a Deus, temos um ao outro para nos confortar já que nos encontramos tão longe do nosso estado querido, Pernambuco, onde deixamos nossos familiares.

RESUMO

FIRMINO, LÍlian de Queiroz. **Avaliação de ciclo de vida no beneficiamento do arroz**. Orientadora: Gizele Ingrid Gadotti. Co-orientador: Viviane Farias Silva. 2021. 94f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Centro de Engenharias. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2021.

O arroz é um dos cereais mais importantes, tanto no cultivo em escala global como no processamento gerando emprego e renda, por ser um alimento básico da alimentação humana. No Rio Grande do Sul, maior tanto no cultivo quanto no processamento deste grão, encontra-se a cidade de Pelotas área de estudo desta pesquisa. O processamento de grãos é uma atividade de grande potencial impactante, positivo e negativo, e por isso a pesquisa foi realizada objetivando-se identificar o setor mais impactante associado aos aspectos ambientais utilizando a Avaliação de Ciclo de Vida como metodologia de avaliação no beneficiamento de grãos de arroz branco. Foram realizadas visitas a uma unidade beneficiadora onde foram coletados dados primários, desta forma, foi caracterizado todo o processo e identificado o produto final de interesse comercial. Para modelagem dos dados foi utilizado o openLCA 1.10.2, e o banco de dados da “Ecoinvent 3.6 apos unit”, além do pacote de métodos *Ecoinvent lcia*. As categorias de impacto proveniente do modelo CML 2001 foram utilizadas para receber e modelar os dados do Inventário de Ciclo de Vida construído com dados secundários, do banco de dados mencionado, e dados primários fornecidos pela empresa que participou desta pesquisa. A indústria foi analisada em suas três áreas principais: Área 1 - Recepção, Área 2 - Processamento e Área 3 - Expedição. Em resposta a Avaliação do Inventário do Ciclo de Vida foi verificada a quantificação de 13 categorias de impactos, com as maiores pontuações voltadas para ambientes aquáticos, recebendo 100% de contribuição do processo, como maiores pontuações para categorias aquáticas, e como resultado da contribuição das atividades agrupadas para as três áreas do beneficiamento medidas de gerenciamento devem ser implementadas, como por exemplo a união das áreas de secagem e descasque do grão, tendo em vista o aproveitamento do resíduo mais volumoso do empreendimento, as cascas. Por fim, pode se concluir que tanto a Área 1 quanto a Área 2 detém elevado potencial poluidor, a primeira por conter os maiores números de entradas e saídas de resíduo, já na segunda deve-se por elevado consumo de energia e geração do maior volume de resíduo não aproveitado pela indústria.

Palavras-chave: Processamento de grãos. Categorias de impacto. CML 2001. openLCA.

ABSTRACT

FIRMINO, LÍlian de Queiroz. **Life cycle assessment in rice processing**. Advisors: Gizele Ingrid Gadotti and Viviane Farias Silva. 2021. 94f. Thesis (Master in Environmental Sciences) - Engineering Center. Universidade Federal de Pelotas, 2021.

Rice is one of the most important cereals, both in cultivation on a global scale and in processing, generating employment and income, as it is a basic food for human consumption. In the Rio Grande do Sul, greater both in the cultivation and processing of this grain, the city of Pelotas is the study area of this research. Grain processing is an activity with great impacting potential, positive and negative, and for this reason, the research was carried out aiming to identify the most impactful sector associated with environmental aspects using Life Cycle Assessment as an evaluation methodology in grain processing of white rice. Visits were made to a processing unit where primary data were collected, thus characterizing the entire process, and identifying the final product of commercial interest. For data modeling, openLCA 1.10.2 was used, and the "Ecoinvent 3.6 apos unit" database, in addition to the Ecoinvent lcia method package. The impact categories from the CML 2001 model were used to receive and model the Life Cycle Inventory data built with secondary data, from the database, and primary data provided by the company that participated in this research. The industry was analyzed in its three main areas: Area 1 - Reception, Area 2 - Processing and Area 3 - Shipping. In response to the Life Cycle Inventory Assessment, the quantification of 13 impact categories was verified, with the highest scores focused on aquatic environments, receiving 100% of the process contribution, as higher scores for aquatic categories, and as a result of the contribution of activities grouped for the three processing areas management measures must be implemented, such as the union of the drying and husking areas of the grain, to use the most voluminous residue of the enterprise, the husks. Finally, it can be concluded that both Area 1 and Area 2 have a high polluting potential, the first for containing the largest number of inputs and outputs of waste, while in the second it is due to high energy consumption and generation of waste not used by the industry.

Keywords: Grain processing. Impact categories. CML 2001. openLCA.

Lista de Figuras

Figura 1-	Etapas da cadeia produtiva no agronegócio orizícola a nível global.....	17
Figura 2-	Fases de industrialização de grãos de arroz, beneficiamento, resíduos, subprodutos e produtos.....	23
Figura 3-	Mapa de localização do município de Pelotas - RS.....	41
Figura 4-	Atividades agrupadas por área na UBGx, para produção de arroz branco.....	43
Figura 5-	Área contribuinte para as categorias de impactos do beneficiamento do arroz branco polido.....	51
Figura 6-	Entradas mensais de arroz limpo para descasque na UBGx em quilogramas de arroz em casca por mês.....	52
Figura 7-	Produção mensal de arroz branco em fardos (unidades) na UBGx.....	53
Figura 8-	Produção mensal de casca de arroz em quilogramas na UBGx.....	54
Figura 9-	Subprodutos do beneficiamento de arroz nos primeiros meses de 2019 na UBGx em quilogramas.....	55
Figura 10-	Subprodutos do beneficiamento de arroz de maio a agosto de 2019 na UBGx em quilogramas.....	56
Figura 11-	Subprodutos do beneficiamento de arroz de maio a agosto de 2019 na UBGx em quilogramas.....	57
Figura 12-	Categorias de impactos que receberam maiores contribuições do processamento do grão de arroz em 1,4 DBC e CO ₂ -eq.....	62
Figura 13-	Categorias de impacto que receberam menores contribuições do processamento do grão de arroz (em quilogramas)	66

Figura 14-	Contribuição da aquisição de energia para pontuação das categorias de impactos mais impactantes no processamento do arroz branco (0 menor contribuição a 1 maior contribuição)..	71
Figura 15-	Contribuição da aquisição de energia para pontuação das categorias de impactos menos impactantes no processamento do arroz branco (0 menor contribuição a 1 maior contribuição)..	72
Figura 16-	Atividades que contribuíram para pontuação das categorias (%), aqui o Uso da Terra - competição (UT).....	75
Figura 17-	Potencial poluidor do beneficiamento do arroz branco por área em porcentagem (%).....	77

Lista de Tabelas

Tabela 1-	Etapas e consumo de produtos na rizicultura com sistema de irrigação por inundação.....	20
Tabela 2-	Aspectos e impactos ambientais decorrentes do processamento do arroz.....	25
Tabela 3-	Termelétricas à base de casca de arroz no Rio Grande do Sul, sua potência em MW e sua localização.....	26
Tabela 4-	Bancos de dados (BDs) com representatividade proveniente de países da Europa.....	33
Tabela 5-	Bancos de dados destinados a estudos de ACV e suas características.....	35
Tabela 6-	Características de categorias de impactos do método CML 2001.....	37
Tabela 7-	ICV das entradas e saídas para o beneficiamento do arroz branco na UBGx.....	45
Tabela 8-	Inventário de máquinas e equipamentos da UBGx por área do processamento de arroz.....	47
Tabela 9-	Fonte geradora, quantificação, estado físico e composição aproximada e classificação de resíduos segundo NBR 10.004/2004.....	57
Tabela 10-	Subprodutos e resíduos com aproveitamento econômico pela UBGx.....	60

Lista de abreviaturas e siglas

ACV	Avaliação de Ciclo de Vida
ICV	Inventário de Ciclo de Vida
AICV	Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
GEE	Gases de Efeito Estufa
UBG	Unidade Beneficiadora de Grãos
UBGx	Unidade Beneficiadora de Grãos, fonte de dados primários
DAP	Declarações Ambientais de Produtos
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
SICV	Sistema de Inventário do Ciclo de Vida
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
AIA	Avaliação de Impactos Ambientais
CML	Centre of Environmental science Leiden University
EDIP	Environmental Design of Industrial Products
ILCD	International Reference Life Cycle Data System
IPCC	International Panel on Climate Change
CEEE	Companhia Estadual de Energia Elétrica
SANEP	Serviço de Tratamento de Água e Esgoto de Pelotas
PAG	Potencial Aquecimento Global
PA	Potencial Acidificação
POF	Potencial Oxidação Fotoquímica - smog de verão

PTH	Potencial Toxicidade Humana
PET	Potencial Ecotoxicidade Terrestre
POLD	Potencial Destruição da Camada de Ozônio
PEAD	Potencial Ecotoxicidade Aquática de Água Doce
PESAD	Potencial Ecotoxicidade de Sedimentos de Água Doce
PEMA	Potencial Ecotoxicidade Marinha Aquática
PESM	Potencial Ecotoxicidade de Sedimentos Marinhos
PE	Potencial Eutrofização
ERA	Potencial Esgotamento de Recursos Abióticos
UT	Uso da Terra - competição

Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Principal.....	14
2.2 Específicos.....	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
3.1 Cadeia produtiva do arroz.....	15
3.1.1 Cultura do arroz.....	18
3.1.2 Beneficiamento do arroz.....	22
3.2 Normas e legislação ambiental.....	27
3.2.1 Sistema de gestão ambiental em agroindústrias.....	29
3.3 Avaliação de ciclo de vida.....	32
3.3.1 Etapas para realização de uma ACV.....	39
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	40
4.1 Definição do objetivo e escopo.....	43
4.2 Inventário do ciclo de vida - ICV.....	45
4.3 Avaliação de impacto do ciclo de vida - AICV.....	48
4.4 Análise de resultados.....	50
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
5.1 Quantificação de produto, subprodutos e resíduos em resposta ao ICV construído para o beneficiamento do arroz branco.....	52
5.2 Categorias de impactos extraídas do openLCA para o beneficiamento do arroz branco.....	61
5.2.1 Contribuições das atividades para quantificação das categorias analisadas.....	71
6 CONCLUSÃO.....	78
REFERÊNCIAS.....	79

1 INTRODUÇÃO

O arroz é um dos cereais mais importantes e cultivados mundialmente por ser bastante utilizado na alimentação humana, o Brasil tem enorme potencial no cultivo deste cereal, sendo o nono produtor mundial (SANTOS, 2016).

A região Sul do Brasil é a maior produtora de arroz, o Rio Grande do Sul com cerca de 70% do total da produção no Brasil, e Santa Catarina com produção de 9,8% na safra de 2019/2020 (IRGA, 2020). Estes dois estados são responsáveis por aproximadamente 80% da produção de arroz no país, assegurando abastecimento com uma produção anual estável, acima de 7 mil toneladas (SOSBAI, 2018, 2016). O sul do Brasil é uma região significativa na produção orizícola, o que justifica a busca por alternativas tecnológicas, o acompanhamento e monitoramento da cadeia produtiva, objetivando-se elevar sua eficiência para que a oferta seja maior que a demanda (SEIDEL et al., 2011).

A cadeia produtiva do arroz 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).

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).

Dentre os diferentes resíduos gerados ao longo do processamento do grão de arroz estão as cascas que, representam em média 22% da massa do grão processado, em que uma tonelada gera 220 kg desse resíduo, e ao ser descartado inadequadamente pode causar impacto ambiental no solo e na água devido a sua lenta assimilação por microorganismos e, em sendo destinadas a queimadas a céu aberto são geradas cinzas, material particulado e gases de efeito estufa que alteram a temperatura e qualidade do ar, da água e do solo, por estarem conectados, impactando negativamente o ambiente (SOUZA et al., 2015; ROCHA et al., 2010). Os autores Frischknecht et al. (2016) e Lorenzetti et al. (2012) concordam ser estes os principais e mais volumosos resíduos do beneficiamento desse cereal.

Identificar e quantificar a geração de resíduos em Unidades de Beneficiamento de Grãos (UBG) de arroz é importante, pois são escassos estudos científicos em relação a quantificação de entradas e saídas nas UBGs que gera um potencial de alteração no meio ambiente, sendo esta a problemática da pesquisa. Tais alterações podem ou não ter sido previstas em um estudo prévio de impacto ambiental e o uso de uma ferramenta para a gestão ambiental que possibilite a quantificação de insumos e o monitoramento da geração de resíduos auxilia na adoção de medidas corretivas.

De acordo com Martignago e Jorge (2014) nas agroindústrias a implantação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) é relevante, sendo necessário seguir a normatização desde o cultivo até a comercialização do produto na busca por alternativas para torná-lo sustentável socialmente e ambientalmente. Saidelles et al. (2012) afirmam que a questão ambiental é uma preocupação das instituições públicas, privadas e da sociedade, sendo constatado que os produtos gerados atualmente devem ser produzidos, comercializados e consumidos considerando impactos ocasionados em cada fase do processo produtivo da rizicultura. E a Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) vem sendo bastante utilizada para analisar os impactos ambientais em cada fase da cadeia produtiva.

Através da utilização da ACV podem ser verificados impactos ambientais ocasionados por um produto ou processo, identificando o balanço das entradas e saídas de matérias-primas e de energia (DRAGUETTI; LIMA; RIOS, 2014) em tempo real, monitorando assim o que fora talvez previsto em um estudo prévio de impacto ambiental, tornando o processo avaliado conhecido do início ao fim em plena realização das atividades. As agroindústrias podem utilizar ACV para obter acesso ao mercado competitivo, por meio de declarações ou rotulagens ambientais de seu produto ou processo (HRDLICKA, 2009).

Com a realização da ACV no beneficiamento do arroz a hipótese nesta dissertação é que onde houver, no processo, maior número de saídas quantificadas apresentará o maior potencial de alteração para o meio ambiente.

2 OBJETIVOS

2.1 Principal

Quantificar as entradas e saídas de matéria e energia para identificar a etapa do beneficiamento de grãos de arroz mais impactante para o meio ambiente, aplicando a Avaliação de Ciclo de Vida ao processamento deste grão.

2.2 Específicos

- Identificar as entradas e saídas de matérias-primas e energia necessárias ao beneficiamento de arroz;
- Quantificar os resíduos gerados durante as fases de beneficiamento de arroz;
- Analisar os impactos no ciclo de vida do beneficiamento de arroz branco;
- Quantificar os potenciais impactos ambientais negativos nas fases de beneficiamento do arroz; e
- Propor medidas de gerenciamento para os resíduos agroindustriais do beneficiamento do cereal em estudo.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cadeia produtiva do arroz

O conceito de cadeia produtiva pode ser considerado como uma metodologia de divisões setoriais do sistema produtivo ou como uma ferramenta de descrição técnico-econômica (LUDWIG, 2004). Definida como um conjunto de atividades econômicas articuladas de modo gradativo desde o início da elaboração de um produto até sua comercialização (EMBRAPA, 2018).

A relação da agricultura com a indústria torna-se uma junção que liga a produção agrícola à fase de processamento dos grãos com o agronegócio, sendo esta interação importante no funcionamento eficiente da cadeia produtiva, como afirma Nunes (2013).

Araújo (2005) relata que o setor agroindustrial é separado pelas seguintes categorias: antes da porteira (insumos); dentro da porteira que engloba as unidades de produção; e depois da porteira representados pelas indústrias de beneficiamento. De acordo com Moraes (2013) no termo considerado depois da porteira estão incluídos os intermediários, ou atravessadores que compram dos produtores e vendem para outra etapa da cadeia, como o beneficiamento.

A rede de produção agrícola ou da agroindústria está relacionada com as fases de produção e distribuição de insumos, que vai desde os tratos culturais, preparo do solo, sementes, adubação, fertilizantes, irrigação, colheita, secagem, armazenamento, transporte, beneficiamento e comercialização (EMBRAPA, 2018).

Na fase dentro da porteira está incluso a propriedade, em termos de posse de terra, o que primeiro se identifica é o tipo de produtor que pode ser proprietário ou arrendatária da terra, cultivando em área própria ou arrendada, em que se verifica no setor orizícola o arrendamento de terra, geralmente, sendo combinado sobre o número de sacas de arroz e seu valor sobre a produtividade, ou seja, quilogramas produzidos por hectares plantado (TEJERO; CANTARELLI, 2020). Estes autores mencionam também o arrendamento da água como um dos custos na produção gaúcha irrigada, pois segundo (SOSBAI, 2018; BACK; JUST, 2018; SUÁREZ; ROMÁN, 2016) trata-se de um insumo de grande importância dado o volume requerido pela cultura, um volume de aproximadamente 12 mil m³ ha⁻¹ de arroz.

A cadeia do arroz, inicia-se a partir da produção agrícola, seguido pelo beneficiamento, distribuição (atacadista e varejista) e comercialização do produto (SOSBAI, 2018). No cultivo de arroz é necessário adquirir insumos, como afirma Ndava (2019), utilizando espécies de sementes de cultivares de arroz que possuem maior rendimento, sendo resultados de pesquisas científicas e tecnologias, como também uso de adubos e fertilizantes que são provenientes de importação.

De acordo com pesquisa realizada por Tejero e Cantarelli (2020) sobre produção de arroz no Rio Grande do Sul, para chegar ao beneficiamento/indústria deve passar por diversos segmentos (SELLITO et al., 2018), desde consumo de insumos no cultivo do arroz até alcançar seu consumidor final nas prateleiras dos supermercados, construindo-se desta forma a cadeia produtiva orizícola.

Analizando a cadeia produtiva do arroz, Borges et al. (2012), constataram que para a configuração desta cadeia produtiva são necessários os seguintes componentes: produção, transformação, distribuição e consumo, assim como os insumos e pesquisas científicas que estão inseridos na fase de produção agrícola.

As unidades beneficiadoras, segundo Sellito et al. (2018), são responsáveis pela limpeza, secagem, armazenagem, entre outras funções, fazendo com que situem-se próximas ao produtor reduzindo as perdas e gastos no transporte. Santana e Sellito (2020) relatam que o arroz em casca recebido pela unidade beneficiadora, após todo processamento, resulta em arroz empacotado sendo direcionado para distribuidoras, assim o consumidor às vezes não tem ideia de quantos procedimentos nem os impactos ocasionados para que o produto chegue em suas mesas.

Baseado em Sellito et al. (2018), Ferreira (2018) e Ludwig (2004) tem-se um fluxograma com base nas informações deste processo nos quais estão inseridas todas as informações inerentes a cada processo, buscando trazer um detalhamento significativo para evidenciar a amplitude da cadeia, como observa-se na Figura 1.

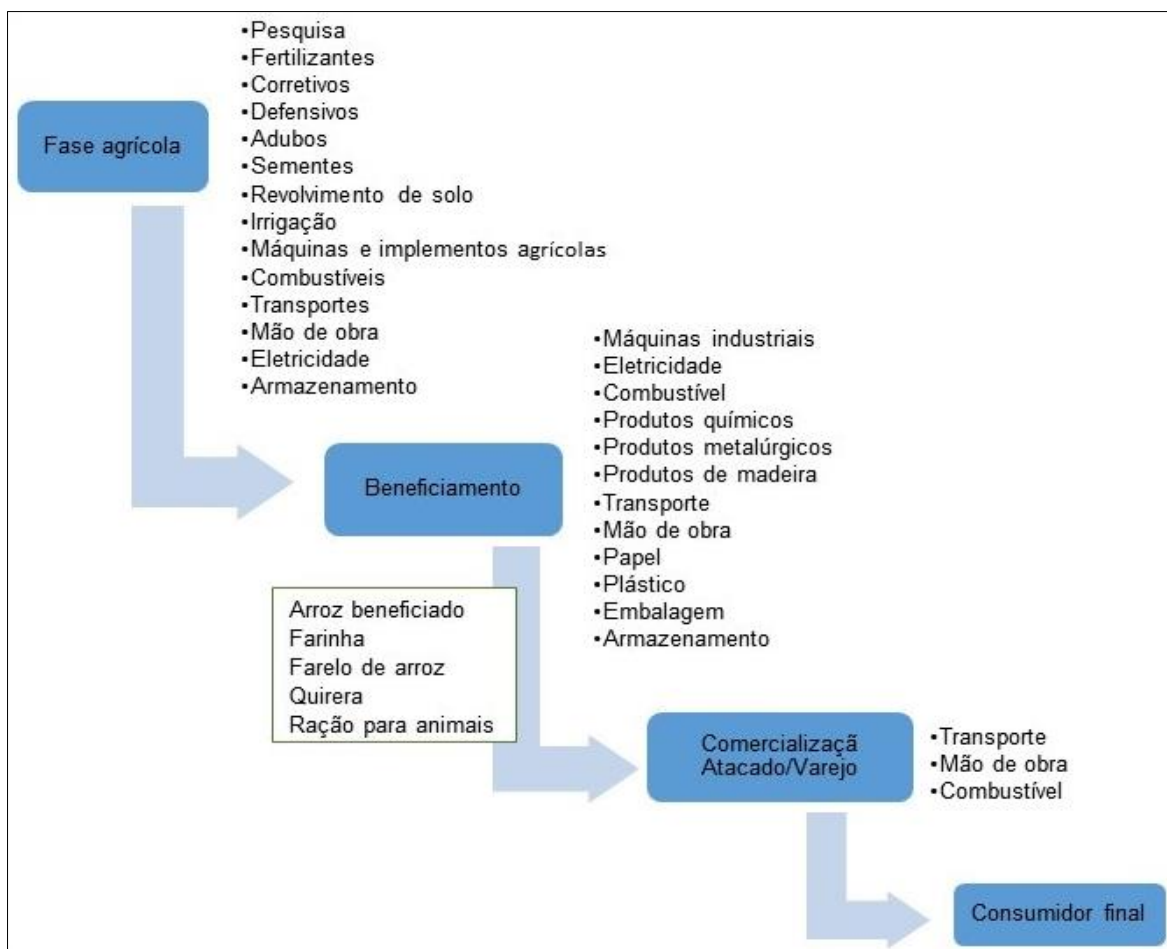


Figura 1- Etapas da cadeia produtiva no agronegócio orizícola a nível global.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Averigua-se que estão envolvidos em cada processo diversas etapas que às vezes são desconsideradas na avaliação do produto. Atividades secundárias e terciárias importantes para que a cadeia principal possa realizar suas atividades (Figura 1).

Para que o produto chegue nas prateleiras dos supermercados para o consumidor final são utilizados diferentes recursos naturais e procedimentos, sendo possível por meio da descrição da atividade do agronegócio, identificar quais os gargalos que estão impedindo o crescimento econômico, assim como a mitigação dos seus impactos ambientais, reutilizando os resíduos gerados durante o processo e tornando eficiente todas as etapas. Moraes (2016) afirma que no Tocantins um dos problemas na expansão do arroz são o tipo de cultivar e distribuição inadequada de água, assim como falta de mão de obra específica, de desenvolvimento de pesquisas na área, incentivo financeiro, e área para secagem e armazenamento, tornando precárias as condições da cadeia produtiva neste estado desde o seu cultivo.

3.1.1 Cultura do arroz

As culturas de cereais que se destacam, tendo em vista maiores produções, são o milho, o arroz e o trigo (CONAB, 2018). O arroz irrigado encontra-se entre as culturas que mais demandam água para sua produção, é deste recurso natural, bem como do adequado manejo, que dependerá o bom desenvolvimento da semente desse cereal (FERREIRA, 2018).

Com facilidade para adaptar-se às diferentes condições de clima e solo, o arroz é evidenciado pela produção e área de cultivo com importante papel estratégico, econômico e social, pois trata-se de uma cultura que pode ser cultivada em pequenas médias e grandes áreas, considerando povos de nações populosas, como Ásia, África e América Latina, que apresentam porcentagens elevadas na produção mundial de arroz (NASCIMENTO et al., 2018). Estes mesmos autores afirmam que no Brasil a maior produção de arroz é proveniente do ecossistema várzea com 75% da produção nacional. A orizicultura irrigada constitui em um equilibrador da safra no país por não depender diretamente de condições climáticas, diferentemente do arroz de sequeiro que depende de condições climáticas, como por exemplo, a irrigação proveniente da chuva na região de cultivo.

No Brasil houve uma elevação de 95% na produtividade de arroz, comparando a safra de 2000/01 com a de 2017/18, não ocorrendo aumento significativo na área de cultivo, contudo teve uso de tecnologia, o que justifica a eficiência dos recursos. Na safra de 2017/18 o arroz teve produtividade elevada, com 2.409 kg/ha para arroz de sequeiro e 7.513 kg/ha de arroz irrigado, sendo a região Sul com produção de arroz relevante, conforme a CONAB (2019).

De acordo com relatório divulgado pela Companhia Nacional de Abastecimento foram produzidos no Brasil 11,2 milhões de toneladas de arroz em 2020, contabilizando um aumento de 697 mil toneladas a mais da produção de 2019 (CONAB, 2020).

Nas diferentes regiões que compõem o território brasileiro pode ser encontrado o cultivo do arroz ocupando em torno de 2 milhões de hectares com uma produção de 11.558.109 toneladas de arroz colhido (IBGE, 2018) com destaque dessa produção para o Estado do Rio Grande do Sul ocupando aproximadamente 1 milhão de hectares com esta cultura, que representa 68% da produção total do Brasil, onde aumentos na

produção da orizicultura vêm sendo contabilizados nas últimas duas décadas (SANTOS; TAVARES, 2018; SOSBAI, 2018). Estima-se que para o Rio Grande do Sul, o arroz possui atualmente um valor bruto de produção de R\$ 7,4 bilhões, o que representaria em torno 3% e 1,58% do ICMS e PIB, respectivamente, do Estado (SOSBAI, 2018).

A área cultivada de arroz irrigado no Rio Grande do Sul (RS), atualmente, encontra-se estabilizada em torno de um milhão de hectares, em que se verificou uma semeadura de 984.081 hectares na safra de 2018/2019 e 934.538 hectares na safra de 2019/2020 utilizando o sistema de cultivo mínimo, no qual se realiza menor mobilização de terra em relação ao cultivo convencional (IRGA, 2020; SOSBAI, 2018).

Da produção total de arroz no RS, cerca de 12% é consumida por sua população e o restante é comercializado para os demais centros consumidores ou exportado, sendo beneficiado aproximadamente mais de 7.398.152 toneladas, safra 2019/20. Do que fora semeado nesta última safra obteve-se uma produtividade de 8.401 kg ha⁻¹ para uma produção total de 7.839.113 toneladas do grão para o RS sendo que 162.572 toneladas de uma produtividade de 9.329 ha⁻¹ são referentes ao produzido na cidade de Pelotas (IRGA, 2020). Por fim, estima-se que estejam envolvidas diretamente na lavoura arrozeira 37,2 mil pessoas entre produtores, parceiros e proprietários de terras (ZANIN, 2013).

Devido a importância da cadeia produtiva do arroz na região Sul do Brasil, há o desenvolvimento de pesquisas neste segmento, produzindo sementes que são adaptadas ao clima do Sul, elevando sua produção. As três cultivares de arroz mais semeadas e registradas na safra 2018/19 no estado do Rio Grande do Sul foram IRGA 424 RI, Guri INTA CL e Puitá INTA CL (IRGA, 2019). O período de semeadura do arroz, neste mesmo estado, ocorre entre os meses de outubro e novembro, estendendo-se até os meses de março e abril, quando se inicia a colheita do grão (DIAZ et al., 2019; SOSBAI, 2016).

O consumo exato de água requerido na rizicultura irrigada não está definido de fato, pois trata-se de um volume influenciado principalmente pelas condições climáticas, tipo de solo, manejo da cultura e duração do ciclo da cultivar (BACK; JUST, 2018).

Quanto ao sistema de irrigação por inundação intermitente ou contínua, sendo este último o mais utilizado no Brasil (SUÁREZ; ROMÁN, 2016), de acordo com estes autores foram consumidos aproximadamente 17 mil m³ ha⁻¹ empregando a inundação

intermitente para o plantio direto enquanto IRGA (2020) e Gomes; Petrini e Scivittaro (2020) descrevem um consumo de 8 a 12 mil m³ ha⁻¹ para inundação contínua, ambos sobre o sistema de cultivo pré-germinado. Evidenciando que o volume de água requerido para esta cultura é ainda influenciado pelos sistemas de irrigação e de cultivo.

O uso de agroquímicos na produção de arroz é realizada durante o preparo do solo, para receber a semeadura, e durante o crescimento da planta como fertilizante mineral e controle de ervas daninhas (FUSI et al., 2014). Estes autores descrevem os quantitativos de produtos de maior importância no cultivo, considerando um hectare de arroz, empregando a irrigação por inundação, como pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 - Etapas e consumo de produtos na rizicultura com sistema de irrigação por inundação.

Etapas de cultivo	Consumo de combustível kg ha ⁻¹	Produtos consumidos	Consumo por ha
Preparação do solo até semeadura	85,5	N P ₂ O ₅ K ₂ O Semente	65 kg de uréia 50 kg como superfosfato 45 como KCl 200 kg
Gestão de safra	20	N Herbicida Fungicida Água	70 kg de uréia 6,25 dm ³ 0,6 dm ³ 25.000 m ³
Colheita e armazenamento	66,3		

Fonte: Adaptado de Fusi et al. (2014).

Em estudo de desempenho ambiental no cultivo de arroz irrigado, Fusi et al. (2014) relatam que o maior potencial de alteração ambiental está sobre a adubação, devido a emissões para o ambiente, alterações refletidas sobre a qualidade do solo ar e água, seguido pelo elevado consumo de combustível (óleo diesel) com emissões de CO₂ (Tabela 1), e por último deve-se a emissão de metano dos campos alagados com matéria orgânica em decomposição.

Dos insumos e entradas necessárias à produção em campo, deste cereal tão importante, é que se vê os custos da produção refletindo sobre a produtividade da área. Um levantamento elaborado pela Seção de Política Setorial do Instituto Rio Grandense do Arroz, tomando como base o sistema de cultivo mínimo, predominante no RS, considerando lavouras das cidades de Uruguaiana, Cachoeira do Sul, Pelotas

e Santo Antônio da Patrulha, cidades de produção elevada no estado, apresentam um custo médio por hectare de R\$ 10.078,00, sobre uma média de produtividade de 7.788,26 kg ha⁻¹ em torno de 155,77 sacos ha⁻¹ para as três últimas safras neste estado (IRGA, 2020).

Após a colheita, os grãos são transportados para serem secos e armazenados, estas atividades podem ser realizadas na indústria de beneficiamento ou por unidades que se destinam a limpeza prévia, secagem e armazenamento (ELIAS; OLIVEIRA; VANIER, 2018). Unidades beneficiadoras de menor porte atendendo a pequenos produtores, transformam o arroz em casca em arroz branco, enquanto unidades maiores compram o grão em casca para limpar, secar, descascar, classificar, selecionar e embalar o produto a ser direcionado ao mercado, disponibilizando-o ao consumidor, e ainda há as que realizam também o processo de parboilização (MONTEIRO et al., 2016; LUDWIG, 2004).

Os principais combustíveis utilizados na agropecuária, mais especificamente no transporte e secagem de grãos são o diesel e a lenha, segundo estudos realizados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2014). Não há registro preciso do consumo nesta área, mas acredita-se que a secagem de grãos é a atividade que mais consome lenha (RIOS; ROCHADELLI; OLIVEIRA, 2016).

No Rio Grande do Sul é no setor agropecuário onde se consome o maior volume de lenha para atividade de secagem, sendo esta a segunda atividade que mais demanda desse recurso, consumido 18% da produção de lenha do estado, segundo Associação Gaúcha de Empresas Florestais (AGEFLOR, 2016).

Como principal combustível utilizado na secagem de grãos, a lenha utilizada em fornalhas que fornecem calor para secadores, apresenta algumas preocupações como por exemplo a) combustão descontínua e irregular, implicando em uma menor eficiência na combustão; b) formação de fuligem e material particulado; e c) necessário serviço braçal e grandes áreas para cultivo das árvores (RIOS; ROCHADELLI; OLIVEIRA, 2016).

O setor agroindustrial opera no Rio Grande do Sul com aproximadamente 180 indústrias de beneficiamento de arroz em aproximadamente 130 municípios localizados na metade sul do Estado dividido em 6 regiões produtoras (Fronteira Oeste, Campanha, Depressão Central, Planície Costeira Interna e Externa, e a Zona Sul), em que, 232 mil pessoas vivem direta ou indiretamente da exploração dessa cultura (IRGA, 2020; SOSBAI, 2018).

3.1.2 Beneficiamento do arroz

Quando se pensa em um processo ou processamento de um produto o que se tem, em geral, é o produto final de interesse comercial mais subprodutos e resíduos como resultado do processo produtivo empregado. Para o beneficiamento do arroz não é diferente, de acordo com a Comissão Nacional de Atividades Econômicas (CNAE, 2010) fazem parte do beneficiamento todas as atividades desempenhadas para a produção dos diferentes tipos de arroz, tipificados de 1 a 5 correspondendo ao percentual de ocorrência de defeitos bem como seus respectivos percentuais de quebrado e quirera no pacote.

Existe uma classificação para caracterizar as diferentes atividades econômicas, com códigos, para que estas se ajustem aos diferentes órgãos da administração tributária no Brasil. Para tanto, a Norma da Comissão Nacional de Atividades Econômicas 2.1 (CNAE) dispõe de uma classificação para UBGs na subclasse 1061-9/01, que trata da classificação de empresas no ramo alimentício para o beneficiamento do grão de arroz. Já para determinação do porte/tamanho dessas empresas, do Cadastro e Classificações do IBGE (2016), a classificação se dá em relação à quantidade de funcionários assalariados formais, enquanto a Lei Complementar nº 139/2011 classifica em relação ao faturamento anual das empresas (BRASIL, 2011).

Diferentes atividades são realizadas na indústria arrozeira, e segundo Dias; Pedrozo e Anicet (2011) o processamento deste grão pode ser dividido agrupando-se atividades em três grupos denominados de Pré-beneficiamento, Parboilização e Beneficiamento, como pode ser visto na Figura 2.

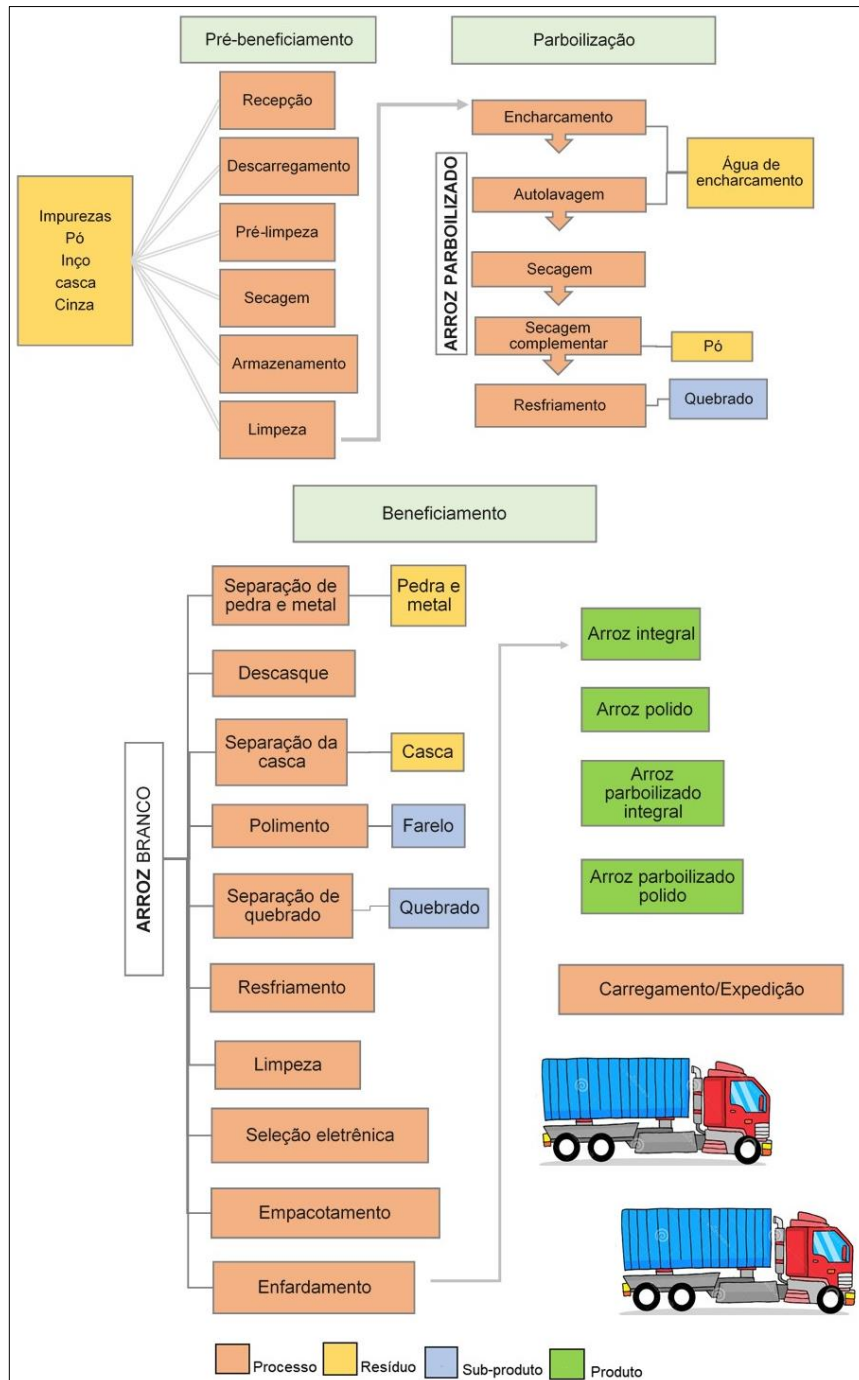


Figura 2 - Fases de industrialização de grãos de arroz, beneficiamento, resíduos, subprodutos e produtos.

Fonte: Adaptado de Dias; Pedrozo e Anicet (2011).

Como subprodutos do beneficiamento deste cereal tem-se os quebrados, o farelo e a quirera, destinados normalmente à alimentação animal e humana sendo os derivados do processamento descrito na subclasse 1061-9/02 da CNAE - “Fabricação de produtos do arroz”, como por exemplo, farinha e flocos de arroz (CNAE, 2010). Para a classificação dos produtos do beneficiamento dispostos na Figura 2,

encontram-se na Instrução Normativa nº 6/2009 - § 2º uma classificação em subgrupos descritos a seguir:

I - subgrupos do arroz em casca: arroz natural, aquele não submetido a preparo industrial ou processo; e arroz parboilizado, aquele que foi submetido ao processo de parboilização.

II - subgrupos do arroz beneficiado: arroz integral, o qual teve a casca removida; arroz polido, submetido ao processo de polimento para se retirar o gérmen o pericarpo e aleurona (parte interna do grão); arroz parboilizado integral, após processo de parboilização a casca removida; e, por fim, o arroz parboilizado polido que fora submetido ao processo de polimento.

Saidelles et al. (2012) afirmam que para identificar a produção de resíduos associado ao processamento de arroz a que se considerar as seguintes atividades: chegada do caminhão na indústria (recepção), pesagem e amostragem (em laboratório), recepção na moega, pré-limpeza, secagem, limpeza, descascamento, brunimento, seleção (processamento) e a embalagem do produto final (expedição). Ainda segundo os autores, ao longo destas atividades, os produtos deste processo produzem impactos ambientais com intensidade de alterações diferentes associados aos resíduos de cada produto beneficiado.

As fases para o beneficiamento podem variar em função dos produtos do beneficiamento, sendo facilmente distinguíveis entre branco e parboilizado (ARIYARATHNA; SIRIWARDHANA; DANTHUREBANDARA, 2016).

Segundo Dal Moro; Rosa; Hoelzel (2004) na produção do arroz integral a limpeza e o descascamento são as fases envolvidas, sendo que para a produção do arroz branco polido são incrementados o brunimento e polimento, a partir daí tem-se os derivados do arroz (farinha e flocos desse grão) e subprodutos como o farelo e quebrados do grão para alimentação animal e as cascas como resíduo. O arroz parboilizado é aquele que passou pelo processo de encharcamento, cozimento e secagem, antes de ser moído ou descascado e gerar os subprodutos e resíduos já mencionados bem como um efluente devido o encharcamento dos grãos (ARIYARATHNA; SIRIWARDHANA; DANTHUREBANDARA, 2016).

Durante o processamento de diferentes produtos existe o produto final de interesse comercial, subprodutos e resíduos como consequência do processo realizado. No beneficiamento de arroz não é diferente, são utilizados basicamente energia, água e biomassa ao passo que são lançados para o ambiente particulados

sólidos para o ar, para o solo, bem como efluentes e resíduos sólidos, sendo o principal e mais volumoso as cascas que, apesar de ser o maior volume entre os resíduos, possui potencial para ser convertida em energia (INÁCIO, 2016).

Ao longo das etapas que podem constituir esse processo alguns aspectos ambientais podem ser elencados com possíveis impactos ambientais, decorrentes do beneficiamento de grãos de arroz, e indicar quais meios ou elementos do ambiente podem ser alterados devido a geração e disposição inadequada dos resíduos, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Aspectos e impactos ambientais decorrentes do processamento do arroz.

Aspectos ambientais	Elementos (meios)	Impactos ambientais
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.
Parboilização com geração de efluente e vapores.	Ar Água Solo	Alteração do meio físico, contaminação do solo e da água
Reaproveitamento 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 o que foram apresentados na Tabela 2, é comum a diferentes atividades. Agregar o potencial quantitativo de possíveis alterações, a esse tipo de levantamento/estudo, pode impactar de forma positiva na escolha e intensidade de aplicação de medidas/ações preventivas e ou atenuantes dos impactos previstos para realização de uma determinada atividade.

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 (QUISPE et al., 2017; SHAFIE et al., 2012; LIM et al., 2012). E de acordo com Inácio (2016) a emissão e destinação inadequada de resíduos do processamento deste cereal têm potencial para impactar significativamente e negativamente o meio ambiente.

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. Com nove usinas termoelétricas atingindo 46,65 MW de produção, conforme a Tabela 3 (KLEIN, 2020; INÁCIO, 2016).

Tabela 3 - Termelétricas à base de casca de arroz no Rio Grande do Sul, sua potência em MW e sua localização.

Termoelétricas	Potência (MW)	Municípios - RS
Itaqui	4,20	Itaqui
Urbano São Gabriel	2,22	São Gabriel
Cooperativa Agroindustrial Alegrete Ltda - CAAL	3,83	Alegrete
Sílica Verde do Arroz Ltda	4,90	
Camil Alimentos	4,00	Camaquã

PCT SLC Alimentos	5,80	Capão do Leão
São Borja	12,50	São Borja
Engenho Coradini	1,20	Dom Pedrito
Creral	8,00	São Sepé

Fonte: KLEIN (2020) e adaptado de Inácio (2016).

Com mais de 170 unidades de beneficiamento de arroz para o consumo, distribuídas em aproximadamente 130 municípios do RS, dividido em seis regiões orizícolas, nestas se encontram 10 ou mais destas unidades agroindustriais com destaque para a cidade de Pelotas contando com aproximadamente 20 UBGs em 2012 (KAYSER et al., 2017; FREITAS, 2014). Sendo o estado um grande produtor deste cereal e, conseqüentemente, gerando grande volume de subprodutos e resíduos no campo e na indústria, é evidente a importância de ferramentas como a ACV que possibilita a análise ambiental para ponderar impactos ambientais bem como econômicos tendo em vista a inserção de estratégias sustentáveis, segundo Rocha et al. (2010), conforme legislação ambiental pertinente.

3.2 Normas e legislação ambiental

Para as diversas atividades desenvolvidas pelo homem, existem normas e legislações cujo objetivo é assegurar a manutenção, prevenção e proteção do meio ambiente, assim como o devido atendimento das questões ambientais por parte das diversas empresas que constituem o mercado brasileiro (IPEA, 2016). Estas podem proporcionar, quando respeitadas e aplicadas corretamente, bem-estar ao homem e continuidade dos recursos ambientais que são fonte de matéria prima e meio de desenvolvimento para o próprio homem.

Agroindústrias de pequeno porte ocupam no máximo uma área de 250m² beneficiam e ou transformam diferentes produtos advindos do cultivo agrícola, pecuária e outras atividades, e apesar de serem classificadas como de baixo impacto ambiental, regulamentadas pela Resolução CONAMA nº 385/2006, seus empreendedores necessitam apresentar documentos: a) requerimento de licença ambiental; b) detalhamento do sistema de Controle de Poluição e Efluentes,

acompanhado da Anotação de Responsabilidade Técnica - ART; c) certidão de uso do solo expedida pelo município; e d) comprovação de origem legal quando a matéria prima for de origem extrativista, quando couber, ao órgão ambiental responsável pelo licenciamento e para este fim (BRASIL, 2006).

O Conselho Estadual do Meio Ambiente - CONSEMA 372/2018, Rio Grande do Sul, possui uma lista de empreendimentos e atividades que podem causar degradação ambiental e, por isso, se faz necessário o licenciamento ambiental delas, dentre estes, encontra-se o beneficiamento de grãos e os engenhos de arroz. Entende-se que a atividade e empreendimento mencionado estão assim classificados devido a geração elevada de resíduos.

Para a implantação de um empreendimento que tenha potencial de causar alterações nocivas ao meio ambiente existem estudos simplificados e estudos mais aprofundados, este último é o caso do Estudo de Impacto Ambiental (EIA). E deve ser realizado conforme previsto na Constituição da República Federativa do Brasil artigo 225 no § 1º, inc. IV (BRASIL, 1988), tal documento é parte importante do processo de licenciamento.

O EIA foi instituído no Brasil pela Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), Lei 6938/81 e na resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº 001 de 1986 onde são apresentados critérios e diretrizes gerais para aplicação da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), a qual traz em seu escopo o EIA.

Dentre as partes que compõem o EIA está previsto o acompanhamento das atividades por parte do empreendedor, com o intuito de constatar se o que fora verificado no estudo, em termos de impactos previstos, está de fato acontecendo (SÁNCHEZ, 2013). Ainda segundo este autor, outra parte constante no estudo deve ser a fiscalização das atividades, por parte do órgão fiscalizador, para verificar se medidas de minimização e ou compensações, previstas, estão sendo implementadas.

Para o acompanhamento das alterações ambientais previstas, incorporado aos planos de monitoramento, empreendedores podem utilizar ferramentas que proporcionem o conhecimento dos impactos bem como da intensidade destes no tempo presente. Tendo em vista que o objetivo do EIA segundo Sánchez (2013) foi prever, antes da realização de qualquer atividade, impactos futuros. Portanto, a ACV é uma ferramenta que pode proporcionar a caracterização e quantificação de impactos enquanto as atividades estiverem acontecendo.

Ainda sobre ferramentas a serem utilizadas pode-se citar a norma ISO 14001, criada para auxiliar empresas a identificar, priorizar e gerenciar seus riscos ambientais como parte de suas práticas usuais. A norma foi criada para que empresas dediquem uma maior atenção a questões ambientais como sendo de importância para o crescimento do negócio. A ISO 14001 exige que as empresas se comprometam com a prevenção da poluição e com melhorias contínuas, como parte do ciclo normal de gestão empresarial.

Para a realização da ACV em determinada empresa as normas da série ISO 14000 devem ser consideradas, pois, são estas que certificam o estudo ambiental. De maneira mais específica é a ISO 14040 que apresenta a estrutura geral, princípios e requisitos para conduzir e relatar estudos de ACV, a ISO 14041 possui as definições de escopo e análise de inventário para o estudo, a ISO 14042 aborda a avaliação do impacto do ciclo de vida, a ISO 14043 traz a interpretação do ciclo de vida para o produto ou serviço, já a ISO 14044 fornece requisitos e diretrizes para a realização de uma análise crítica da ACV. Todas essas NBRs ISOs são importantes tanto para realização do estudo quanto para a avaliação do estudo realizado, ou seja, avaliação da própria ACV.

3.2.1 Sistema de gestão ambiental em agroindústrias

Gestão Ambiental é a harmonização das atividades econômicas e sociais com o meio ambiente, desde uma escala local à escala global, com o objetivo de gerar qualidade de vida (BARBIERI, 2017). Ainda de acordo com este autor as diferentes atividades administrativas e operacionais realizadas pela empresa para abordar problemas ambientais decorrentes de sua atuação, ou para evitar que elas ocorram no futuro, formam o conceito de Gestão Ambiental Empresarial e podem ser organizadas de modo a compor um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) que se inter-relacione com os demais sistemas da empresa.

Um SGA, em uma empresa, é uma estrutura organizada com ênfase na sustentabilidade, ou seja, um conjunto de diretrizes adotadas para a implantação de uma política ambiental que além de trazer melhorias ao meio ambiente agrega qualidade aos produtos, serviços e processos da empresa (BARBIERI, 2017).

Para a implantação de um SGA, na indústria ou prestadora de serviço, inicialmente são analisados os aspectos e impactos ambientais, mapeando todas as

atividades da empresa que afetam ou podem afetar o meio ambiente para estabelecer medidas de controle e propostas de soluções a fim de minimizar os impactos e ou monitorá-los, para que se possa dessa forma compor a política ambiental da empresa e implementar a ISO 14001 (ABNT, 2015).

A adoção de um SGA na empresa deve ocorrer gradativamente para evoluir do atendimento à legislação para uma gestão ambiental eficaz, requerendo mudanças tecnológicas bem como gerenciais e cultural, por parte do quadro de funcionários, o que torna a sua implantação trabalhosa (BERNARDO et al., 2012). Apesar disso, estratégias podem ser utilizadas para facilitar o estabelecimento desse tipo de sistema nas empresas, como por exemplo, a ACV que se liga diretamente às questões ambientais discutidas na série ISO 14000.

Nesse sentido, é com a aplicação/adoção da ISO 14001, como seu Sistema de Gestão Ambiental, que empresas encontram benefícios de um modelo de gestão que atenda às questões ambientais com aumento da eficiência e da produtividade; minimização do desperdício; e melhoria da eficiência energética (ABNT, 2015). A sistemática de certificação através do SGA mais aplicado é a ISO 14001, visando a conscientização das indústrias em relação aos produtos e ao meio ambiente, requerendo eficiência ambiental durante todo processo produtivo, com reconhecimento internacional (LAARAFI et al., 2017).

Barbieri (2017) afirma que organizações que já possuem algum sistema de gestão terão maior facilidade em implantar um SGA segundo a ISO 14001. Sendo possível agregar vantagens da integração de sistemas, como é descrito por Brendler e Brandli (2011), na implantação do SGA sobre o Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ), tais como economia de tempo na elaboração dos procedimentos; facilidade na análise e avaliação dos aspectos e impactos ambientais; atendimento às legislações vigentes; redução de custos com a certificação integrada; e adoção de uma Política de Gestão Única envolvendo as questões da qualidade e ambiental.

Sabendo que o fator social exerce influência sobre questões ambientais é possível entender como e porque organizações empresariais decidem por uma ou outra estratégia. Baseado em influências como a ecoeficiência de processo produtivo, a produção mais limpa, a construção de uma cultura ambiental organizacional, a postura de responsabilidade ambiental, a busca pela não-contaminação de ambientes naturais, o desenvolvimento sustentável e o engajamento em atividades patrocinadas por autoridades locais e regionais no que diz respeito ao meio ambiente natural, assim,

empresas têm traçado um norte para alcançar um bom desempenho ambiental ao realizar suas atividades (MARQUES, 2010).

Na busca por consolidar melhorias, empresas estão buscando cada vez mais demonstrar seu compromisso e organização com o meio ambiente adotando práticas sustentáveis, no entanto, muito se tem falado sobre o interesse em tais demonstrações. As pressões e cobranças por parte de legislações, mercado competitivo, e a crescente conscientização da população são motivações entre empresários (MELLO; MELLO, 2018; SILVA; SOAREAS DA SILVA; MENDES, 2017; FERRAREZI; MRTVI; WESTPHAL, 2015). De acordo com Alencar et al. (2015) a inserção do SGA nas agroindústrias, reflete na obtenção em certificação ambiental, possibilitando competitividade no mercado, assim como na produção de produtos sustentáveis.

A proteção ambiental está interligada na conceituação de Produção mais limpa (P+L), estando inserido as etapas do processo produtivo e do ciclo de vida do produto buscando diminuir os impactos ao meio ambiente e para a saúde humana, através de redução de uso de energia, insumos, produção de resíduos e lançamentos de gases, como relata Barbieri (2007).

A “Produção mais Limpa” é uma preferência no intuito de prevenir a produção de resíduos e de emissões, os que não puderem ser evitados devem ser inseridos nas fases de produção, e quando houver esta impossibilidade, deve ser realizado reciclagem (CNTL - SENAI-RS, 2003). Nas agroindústrias, a sustentabilidade ambiental é fundamental devido ao quantitativo necessário de recursos naturais explorados na fase de produção (COSTA, 2019). No Brasil, 21% das áreas são para a agropecuária, sendo 12,8% para pecuária e 8,3% são destinadas para agricultura e silvicultura (IBGE, 2016).

As agroindústrias são importantes para o desenvolvimento econômico brasileiro, num período de 10 anos do agronegócio brasileiro e sua atuação no comércio internacional, contribuiu em até 34% nas exportações, no ano de 2018 este valor foi de quase 31% segundo os dados do Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços (MDIC, 2020). De acordo com a Embrapa (2018), as exportações brasileiras oscilaram entre 15 a 100 bilhões de dólares, num tempo de 20 anos, e a perspectiva de crescimento é significativa.

Devido a relevância das agroindústrias a nível nacional e pela representação nas exportações brasileiras, para obter o padrão do comércio internacional, o uso de

certificações é importante principalmente aquelas que são disseminadas e utilizadas mundialmente (COSTA, 2019), como a ISO 14001. No Rio Grande do Sul utiliza-se o Selo Ambiental da Lavoura de Arroz Irrigado com objetivo de incentivar os produtores a utilizar o manejo no cultivo de arroz e da propriedade dentro das normativas estabelecidas buscando a qualidade ambiental (MENEZES et al., 2012).

A implantação da ISO 14001, conforme o comércio internacional, é fundamental por que irá seguir um padrão mundial e de gestão ambiental com nomenclaturas globais, assim como aprimorar a performance ambiental e favorecer a comercialização com a diminuição das barreiras comerciais, como relatam Psomas et al. (2011).

3.3 Avaliação de ciclo de vida

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) está diretamente ligada à gestão ambiental onde as normas da série ISO 14000 certificam estudos ambientais, podendo ser implementadas de modo isolado, dependendo do objetivo e necessidade do estudo (ABNT, 2009). De modo específico, as normas ISO 14040, 14041, 14042, 14043 e 14044 estabelecem requisitos e diretrizes para a aplicação da ACV sob a ótica da gestão ambiental. Estas também deixam, segundo Galindro et al. (2020), bases definidas para calcular o desempenho ambiental de um produto ou serviço/processo com foco nos possíveis resultados do ciclo de vida.

Uma gestão eficiente quanto a produção, segundo Barata (2005), é um diferencial competitivo, portanto, a utilização de técnicas para otimizar o desempenho produtivo interligado às demandas ambientais pode gerar efeitos positivos. A ACV como uma das várias técnicas de gestão ambiental, ainda que indiretamente, pode proporcionar um viés para abordagens econômica e social de um produto ou processo, mesmo estas questões não sendo foco na aplicação desta técnica (ABNT, 2009). Para a criação da ACV foram compilados um extenso conjunto de metodologias, com mais de 30 anos de estudos científicos, que promovessem análises confiáveis para identificação de potenciais impactos ligados a uma cadeia produtiva (HAUSCHILD; ROSENBAUM; OLSEN, 2018).

Além de proporcionar uma base para implantação de um Sistema de Gestão Ambiental ligado à Gestão Empresarial, segundo Simon et al. (2013), uma ACV tem por objetivo evidenciar quais etapas são mais críticas em termos de consumo de

energia e em produção de resíduos, possibilitando visualizar quais possíveis mudanças podem ou devem ser adotadas para melhorar a eficiência produtiva e/ou minimizar alterações ambientais.

Empresas podem utilizar estudos de ACV para obter acesso a mercados, por meio de declarações ou rotulagens ambientais de seus produtos ou processos, sendo esta avaliação uma das barreiras não tarifárias já imposta por alguns países (HRDLICKA, 2009). De acordo com Galindro et al. (2020), como usar e ou melhorar informações levantadas em uma ACV ainda segue sendo alvo de estudos. Estes autores elaboraram uma pesquisa direcionada a profissionais que trabalham com base nesse tipo de informação para conseguir Declarações Ambientais de Produtos (DAP) para empresas e processos, tomando como base a Avaliação de Impacto de Ciclo de Vida (AICV). A DAP é “um documento que apresenta, em resumo, o perfil ambiental de um produto ou serviço, e fornece informações sobre suas propriedades ambientais de forma padronizada e objetiva” e, para isso depende de ACV para sua elaboração conforme ISO 14025 (INMETRO, 2016; DEL BORGHI, 2013).

Devido a grande quantidade de informações necessárias para aplicação da metodologia ACV, inclusive as regionalizadas, bancos de dados vêm sendo desenvolvidos ao longo dos anos para dar suporte à etapa de análise de inventário e é por isso que em países desenvolvidos já se encontram bancos de dados adequados à diferentes condições (MENDES, 2013), o que ainda não é o caso do Brasil.

Há alguns anos pesquisas vêm sendo realizadas no Brasil com o intuito de construir um Banco de Dados (BDs) que possua, e represente, atividades ligadas a produtos brasileiros. Neste sentido, um levantamento dos diferentes bancos existentes é importante para se ter noção da origem desses BDs (Tabela 4).

Tabela 4 - Bancos de dados (BDs) com representatividade proveniente de países da Europa.

País de origem	Bancos de dados
Alemanha	<i>Ökobau.dat database</i> <i>GaBi database</i>
Austrália	<i>AusLCI - The Australian Life Cycle Inventory Database Initiative</i>
Canadá	<i>CRMD - Canadian Raw Materials Database</i> <i>LCI BD - Quebec - CIRAIG Quebec LCI database</i>
China	<i>CLCD - Chinese Life Cycle Database</i>
Estados Unidos	<i>USLCI - U.S. Life Cycle Inventory Database</i>

Itália	Italian LCA - <i>Italian National Life Cycle Inventory Database</i>
Japão	IDEA - <i>Inventory Database for Environmental Analysis</i>
Malásia	MY-LCID - <i>The Malaysia Life Cycle Inventory Database</i>
Tailândia	ThaiLCI DB - <i>Thai National Life Cycle Inventory Database</i>
União Europeia	ELCD - <i>European Reference Life-Cycle Database</i>
Suécia	CPM LCA Database
Suíça	Ecoinvent - <i>Swiss Centre for Life Cycle Inventories</i>
Sul da Europa	LCADB.sudoe

Fonte: SILVA; MASONI (2016).

Os BDs analisados pelos autores Silva e Masoni (2016) contemplam países dos continentes europeu, americano, asiático e da Oceania, destinados a diferentes atividades na produção dos mais diversos produtos. Ainda de acordo com estudo realizado por estes autores a caracterização dos BDs pode ser quanto a disponibilidade e acessibilidade, abrangência, abordagem, setores para aplicação e atualização dos dados conforme tabela (Tabela 5).

Tabela 5 - Bancos de dados destinados a estudos de ACV e suas características.

BDs	Disponibilidade e acessibilidade	Abrangência e abordagem	Setores	Frequência de atualização
GaBi database	Mais de 8.300 conjuntos de dados; Necessita uma licença do GaBi e/ou solicitar a compra do BD; Além de BD é também um software.	Nacional e/ou mundial; Berço ao túmulo, berço ao portão, portão ao portão	Agricultura, biocombustíveis, eletrônicos, energia, transporte e outros.	Anual.
IDEA	3.825 conjuntos de dados. Há uma versão paga e outra gratuita; Acesso está restrito via utilização do software MiLCA	Nacional; Portão ao portão e berço ao Portão.	Agricultura, água e esgoto, alimentos e bebidas, cerâmicas, construção civil, energia e outros	Versão paga: anual; versão gratuita: não há atualização automática
ELCD	Mais de 503 conjuntos de dados; É de acesso gratuito e não requer registro prévio do usuário.	Regional e local; Portão ao portão e berço ao portão.	Energia, gestão de resíduos, materiais de base, transporte.	A cada 2 anos.

Ecoinvent	Mais de 10.300 conjuntos de dados; Acesso online, é necessário se cadastrar no site para ter acesso ao BD, disponibilizando também uma versão para fins educacionais.	Nacional e mundial; Portão ao portão.	Agricultura, biocombustíveis e biomateriais, eletrônicos e eletrodomésticos, energia e transporte, laticínios, madeira e seus derivados, materiais de construção, embalagens, metais básicos e preciosos, químicos, tratamento de resíduos.	Anual.
-----------	---	---------------------------------------	---	--------

Fonte: Adaptado de Silva e Masoni (2016).

A maioria dos BDs, base para estudos de ACV (Tabela 5), são destinados a estudos a nível empresarial e acadêmicos normalmente com detalhamento do tipo portão ao portão e berço ao portão para abrangência geográfica nacional, regional e local descritos por Silva e Manson (2016).

Quanto ao nível de detalhamento desses estudos a ISO 14040 (2006) descreve a ACV para estudos de aspectos e impactos ambientais ao longo de toda a vida de um produto, ou seja, do berço ao túmulo, uma análise que aborda desde a aquisição de matéria-prima até a disposição final. Quanto ao escopo, a abordagem para aquisição e análise dos dados, pode assumir quatro formas possíveis, isso em função do detalhamento do levantamento dos dados, de acordo com a ISO 14048:2002 e Campos (2012) descritos abaixo:

- “Berço-ao-portão” (cradle-to-gate) - atém-se a aquisição de recursos, algumas atividades de produção e ou operação de serviços, mas exclui fases posteriores;
- “Berço-ao-túmulo” (cradle-to-grave) - como já mencionado anteriormente, com este tipo de abordagem serão consideradas desde a extração da matéria prima até a destinação final do produto analisado;
- Portão ao portão (gate-to-gate) - para este nível de detalhamento está envolvido um processo cujas atividades ocorrem dentro de um local que pode ser uma indústria e neste caso atividades realizadas fora dos portões do local especificado não serão consideradas;
- Portão ao túmulo (gate-to-grave) - neste nível de detalhamento são considerados processos de distribuição, o uso e o descarte final do produto.

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., 2020, 2019). Para análise de inventário é preciso alinhar ou interligar estes elementos com o inventário de interesse, ou seja, aquele construído pelo analista. Portanto, a escolha de um banco de dados atualizado e com elementos que atendam os interesses do estudo é de fundamental importância para se alcançar resultados representativos.

Para a etapa de Avaliação de Inventário de Ciclo de Vida (AICV) existem pacotes de métodos organizados com suas categorias de impactos, para avaliar ICV como o Ecoinvent Icia, Ecological, o Eco-indicator 99 e outros. Dentro destes estão dispostos diferentes métodos como o CML 2001 (*Centre of Environmental Science Leiden University*), EDIP 97 (*Environmental Design of Industrial Products*), ILCD (*International Reference Life Cycle Data System*), IPCC 2013 (*International Panel on Climate Change*) e outros (MENDES et al., 2016).

Ainda na Avaliação ou Análise do inventário é a etapa onde se escolhe a alocação para os dados de entrada e saída descritos no ICV. Alocação Física ou em massa, toma por base a massa (kg) dos produtos envolvido; Alocação Energética, toma por base o valor energético (MJ) dos produtos envolvidos; e Alocação Econômica, tomando por base o preço dos produtos envolvidos (\$) no tempo de realização da pesquisa. Estes são tipos de alocação a serem considerados em ACVs e, segundo autores que as descrevem, estão sujeitas a influências relacionadas ao nível de processamento de um produto, área geográfica delineada para a pesquisa, e flutuação de preços dada a maior ou menor comercialização de um produto por temporada de produção (CHERUBINI et al., 2018; CRUZ, 2018; NUNES et al., 2017).

Entre os métodos vê-se que são dotados de categorias de impactos, com suas características e respectivas significâncias, a serem correlacionadas com o ICV do estudo de interesse, algumas delas segundo Guinée et al. (2001), modelo a ser utilizado nesta pesquisa, são a: eutrofização, acidificação, oxidação fotoquímica, ecotoxicidade terrestre, ecotoxicidade aquática marinha, ecotoxicidade sedimentos marinhos, ecotoxicidade de água doce, ecotoxicidade sedimentos de água doce, toxicidade humana, destruição da camada de ozônio, aquecimento global, esgotamento abiótico e uso da terra. Principais categorias de impacto do método CML segundo Nunes et al. (2017), NBR ISO 14040 (2008), Guinée et al. (2001), como pode ser visto na Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 - Características de categorias de impactos do método CML 2001.

Categoria de Impacte	Escala	Interpretação dos dados de inventário	Fator de caracterização	Descrição do fator de caracterização
Aquecimento global	Global	Dióxido de carbono (CO ₂) Dióxido de Azoto (NO ₂) Metano (CH ₄) Clorofluorcarbonos (CFC) Hidroclorofluorcarbonos (HCFC) Brometo de Metil (CH ₃ Br)	Potencial de aquecimento global	de Converte dados de ICV em massa de dióxido de carbono equivalentes Nota: potenciais de aquecimento global podem ser de 50, 100 ou 500 anos
Depleção da Camada de Ozônio	Global	Clorofluorcarbonos (CFC) Hidroclorofluorcarbonos (HCFC) Brometo de Metil (CH ₃ Br) Halons	Potencial de depleção ozônio	de Converte dados de ICV em triclourofluormetano (CFC -11) equivalentes
Acidificação	Regional Local	Óxidos de enxofre (SO _x) Óxidos de azoto (NO _x) Ácido hidroclorhídrico (HCL) Ácido hidrofluorídrico (HF) Amónia (NH ₄)	Potencial de acidificação	de Converte dados ICV em dióxido de enxofre (SO ₂) equivalente
Eutrofização	Local	Fosfato (PO ₄) Óxido de azoto (NO) Dióxido de Azoto (NO ₂) Nitratos Amónio (NH ₄)	Potencial de eutrofização	de Converte dados ICV em equivalentes fosfato (PO ₄)
Oxidação Fotoquímica	Local	Hidrocarbonetos não-metano (NMHC)	Potencial de criação oxidante fotoquímico	de Converte dados ICV em etano (C ₂ H ₆) equivalente
Eco-Toxicidade terrestre	Local	Químicos tóxicos com um registo de concentração letal (para roedores)	Potencial de químicos tóxicos	de Converte dados ICV em 1-4 diclorobenzeno (DBC) equivalente
Eco-Toxicidade aquática (da água ou dos sedimentos marinha e de água doce)	Local	Químicos tóxicos com um registo de concentração letal (para peixes)	Potencial de químicos tóxicos	de Converte dados ICV em 1-4 diclorobenzeno (DBC) equivalente
Toxicidade humana	Global Regional Local	Descargas totais para o ar, água e solo. Exposição e efeitos das substâncias tóxicas por tempo infinito	Potencial de químicos tóxicos	de Converte dados ICV em 1-4 diclorobenzeno (DBC) equivalente
Depleção de recursos abióticos	Global Regional Local	Quantidade de minerais e combustíveis fósseis usados	Potencial de depleção recursos	de Converte dados ICV em antimónio (Sb) equivalente

Uso de solo	Global Regional Local	Quantidade depositada num Resíduo sólido	Converte massa de resíduo sólido em ocupação gerada pelo mesmo
-------------	-----------------------------	--	---

Fonte: Silva (2014); NBR ISO 14040 (2008); Guinée et al. (2001).

Conforme apresentado na Tabela 6, as categorias são analisadas, dentro do software, desde uma escala macro até uma escala micro. Ou seja, com uma abrangência global, regional e local conforme características de cada categoria de impacto incluídas no pacote CML 2001 (GUINÉE et al., 2001).

Quanto ao método CML, assim como os demais métodos mencionados anteriormente, dispõem de fatores/elementos de caracterização para mais de 1.500 resultados diferentes de ICV com abordagem *midpoint*, ou seja, utiliza indicadores que são aplicados ao longo do mecanismo ambiental antes de chegar ao ponto final da categoria de impacto (MENDES et al., 2016; MENDES 2013). Os mesmos autores relatam que tal método está classificado como sendo de abrangência global, pois traz categorias de impacto tradicionais e específicos, portanto, passível de ser utilizado em estudos no Brasil.

O *Ecoinvent*, lançado pelo Instituto Federal Suíço para Pesquisa e Teste de Materiais, conta com várias unidades de processo em seu banco de dados, entre outros bancos existentes, que normalmente são acompanhados de um método AICV, que como a “Rede de Inventários de Ciclo de Vida Alemã”, podem ser carregados em diferentes softwares de ACV, como por exemplo o Umberto, GaBi e openLCA. Este último, desenvolvido e gerenciado pela empresa GreenDelta, em Berlim, é um programa livre disponibilizado gratuitamente na internet e específico para aplicação da ACV (CIROTH et al., 2020, 2019).

Contudo, a escolha de um ou outro banco de dados pode implicar também na escolha do software, buscando a compatibilidade entre as versões mais recentes destes e inclusive do método, normalmente associado ao seu banco de dados, que traz as categorias de impacto para a etapa de Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida (AICV) (MENDES et al., 2016).

Em um estudo de caso apresentado por Frischknecht et al. (2016) sobre produção de arroz, na etapa de processamento do grão, foi utilizado o banco de dados *Ecoinvent* v2.2 associado a outros dois bancos. Evidenciando assim a possibilidade de combinar diferentes bancos de dados para um mesmo método, uma vez que os

autores não mencionaram um específico, entende-se que fora empregado o pacote de método *Ecoinvente Icia* (CIROTH et al., 2020, 2019; FRISCHKNECHT et al., 2016). A terminação *Icia*, abreviado de *Life Cycle Impact Assessment* - LCIA, é o que distingue o banco de dados de seu método correspondente para ser carregado no software escolhido.

Quanto a um banco de dados criado para apresentar e ou representar situações no Brasil, ainda não existe, o que se tem é o Sistema de Inventário do Ciclo de Vida (SICV Brasil), um Banco Nacional de Inventários de Ciclo de Vida (ICVs) 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 ICVs em uma página online, não sendo possível baixar dados de atividades armazenadas na mesma.

Para a criação SICV Brasil foi proposta a tradução/adaptação do software openLCA em parceria com a GreenDelta e, objetivando sua disponibilização ao público, conta com entidades como: Embrapa, Unep/Pnuma, Inmetro, *Ecoinvent* e outras para construir um banco de dados brasileiro compatível com o software mencionado (BRAGA, 2015). No entanto, não foi verificado banco de dados no Brasil para produção e muito menos para o processamento de arroz.

3.3.1 Etapas para realização de uma ACV

De acordo com a ABNT NBR ISO 14040 (ABNT, 2009) a construção de uma ACV é constituída de quatro partes:

- **Definição de objetivo e escopo** - nesta etapa é declarada a intenção do uso da ACV como ferramenta metodológica, o porquê dessa aplicação, a unidade funcional a ser considerada (pode ser um volume, um peso ou uma porcentagem), a abordagem da pesquisa sobre o produto ou atividade e a quem se destina o desenvolvimento da pesquisa já que os resultados serão direcionados a um público específico.
- **Análise de inventário** - 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. Durante essa coleta de dados o sistema em estudo torna-se conhecido e novos requisitos e mudanças podem ser necessárias, pois a análise de inventário é iterativa. A construção do Inventário de Ciclo de Vida (ICV), é o que torna um processo conhecido, sendo a base para a realização da ACV, obrigatoriamente necessários à rotulagem ambiental tipo III e, onde especificado, na realização de rotulagens do tipo.

- **Avaliação de impactos** - para esta etapa avalia-se a significância dos impactos potenciais usando os resultados dos dados coletados na etapa anterior a esta. O que deve acontecer é uma associação dos dados quantificados no inventário com impactos ambientais, fazendo uma caracterização da atividade em análise, inserindo-os em bancos de dados como o *Ecoinvente* (MENDES et al., 2016) e openLCA, um software que fará a quantificação das categorias de impacto. Estes bancos de dados se encontram em formato de manual digital, disponíveis na internet para download, para serem inseridos em softwares específicos.
- **Interpretação de resultados** - é a última etapa da ACV e se destina a apresentação da combinação coerente dos resultados da avaliação dos impactos com o que fora pretendido na definição de objetivo e escopo da aplicação da ferramenta metodológica. Isso com intuito de apresentar possíveis recomendações sobre um caso analisado e possivelmente conclusões acerca de impactos aos tomadores de decisões, quais sejam: órgãos ambientais - direcionados às políticas públicas, empresários - envolvidos na área do estudo, e à academia - por meio de publicação de artigos para a disseminação de conhecimento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no município de Pelotas, estado do Rio Grande do Sul - RS, localizada a 261 quilômetros de Porto Alegre, capital do estado (Figura 3). A população deste município, conforme estimativas do IBGE em 2018, contava com 341.648 habitantes, sendo a terceira cidade mais populosa do RS.

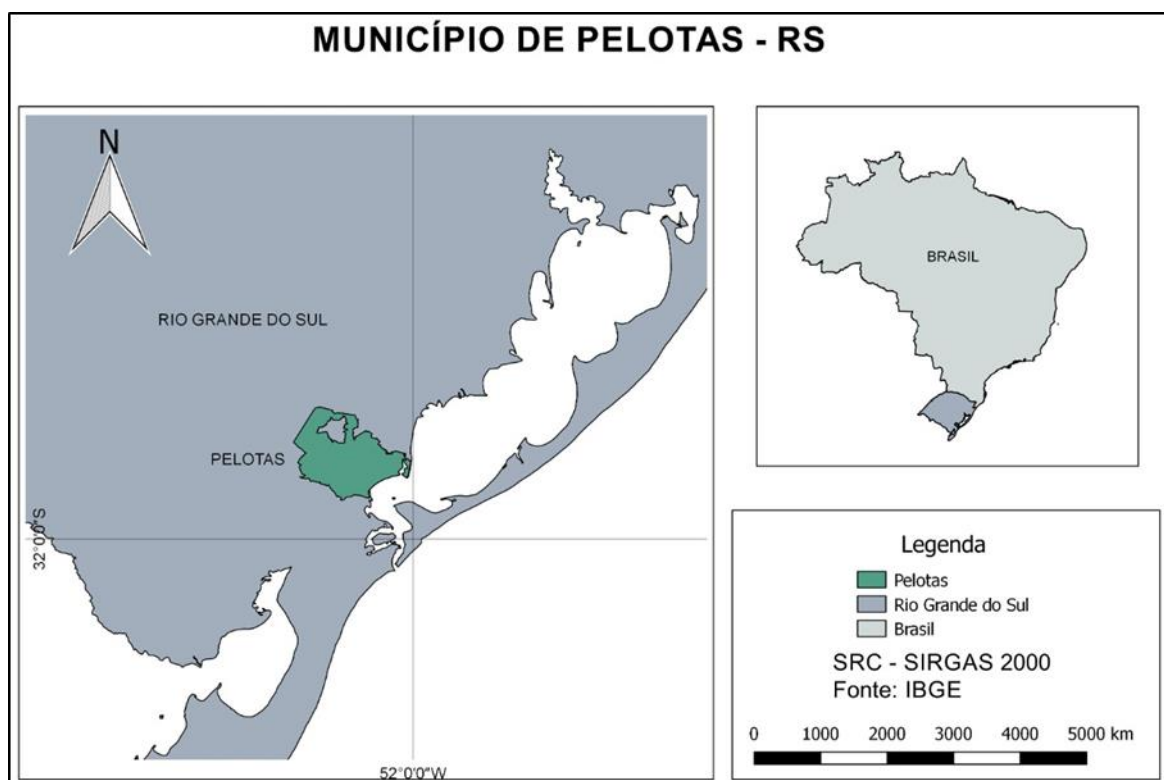


Figura 3 - Mapa de localização do município de Pelotas - RS.
Fonte: VIEIRA (2020).

Se encontram, na cidade destacada no mapa da Figura 3, 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 (IRGA, 2020; SOSBAI, 2018; CONCEIÇÃO, 2015).

Unidades beneficiadoras foram contatadas no referido município em busca das que se dispusessem a participar da pesquisa, entretanto, apenas uma das UBGs demonstrou interesse em participar da pesquisa e deste ponto em diante foi descrita como a UBGx, fonte para a coleta de dados e elaboração do ICV referente ao beneficiamento de arroz nesta unidade.

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 através 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, que pudesse explicar o que estava acontecendo com o grão, subproduto, resíduo e produto final. Ou seja, neste ponto, a pesquisa utilizou-se de dados primários, coletados diretamente da cadeia produtiva do arroz e também buscando em revisão de literatura embasamento para a realização do estudo quanto a utilização de bancos de dados e softwares para aplicação de uma 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. Também os 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. A classificação e acompanhamento destes se restringe ao controle de produção que fica a 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), UBGs 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 e em pleno funcionamento.

4.1 Definição do objetivo e escopo

Foram quantificadas as entradas e saídas de matéria e energia durante o beneficiamento do grão de arroz produzido pela UBGx na cidade de Pelotas e, quantificadas as potenciais categorias de impactos correspondentes ao passo que se identificou a etapa ou área mais impactante do processo. Contudo, para melhor análise dos dados obtidos, as atividades foram agrupadas por áreas da seguinte forma: Área 1 Recepção, Área 2 Processamento do grão, Área 3 Empacotamento do produto (Figura 4) para identificar a geração de resíduo e potenciais impactos correspondentes.



Figura 4 - Atividades agrupadas por área na UBGx, para produção de arroz branco.
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Com base na estrutura metodológica descrita, em conformidade com a ABNT NBR ISO 14.044 (ABNT, 2009), o escopo foi construído para atender os limites do sistema (Figura 4) de acordo com os seguintes requisitos:

- Abordagem da ACV: do tipo portão ao portão (gate-to-gate), para este nível de detalhamento o processo considerado é o beneficiamento do grão realizado nas

dependências da UBGx, considerando a partir da secagem, incluindo o transporte do grão, da unidade de secagem até a beneficiadora, e neste caso exclui-se as atividades de cultivo, distribuição, comercialização e consumo.

- Sistema de Produto: o caminho da matéria-prima ao longo do processamento; a ligação entre as áreas para gerar o produto final e os subprodutos e resíduos do beneficiamento do arroz, como por exemplo cinza, a casca, farelo e diferentes frações do grão quebrado.
- Função: beneficiamento de grãos de arroz para produção de arroz branco polido.
- Unidade Funcional (UF): produção de um fardo pesando 30,757kg de arroz branco polido.
- Tipo de Dados: consumo (entradas) de recursos, resíduos e/ou subprodutos (saídas) para o beneficiamento. Oriundos de dados primários registrados na UBGx, na área de produção, durante atividades diárias registradas ao longo do ano de 2019.
- Critérios de Exclusão: sendo a atividade de beneficiamento já conhecida, este estudo tem como base, para o levantamento das entradas e saídas, a observação das atividades diárias na UBGx e tratamentos de dados quantificados pela empresa. Considerando para ICV apenas aquelas que ocorrem com maior frequência no processamento e são consideradas como sendo as de maior importância, dado o grande volume de produto e subprodutos envolvidos.
- Critérios de Qualidade dos Dados.
 - Cobertura temporal: os dados usados na construção do ICV de arroz branco compreenderam o período de um ano de funcionamento da UBGx, janeiro a dezembro de 2019.
 - Cobertura geográfica: abrange uma pequena unidade beneficiadora na cidade de Pelotas-RS, localizada na área urbana da cidade.
 - Cobertura tecnológica: o sistema produtivo em análise emprega o beneficiamento de grãos de arroz, compreendendo atividades de pós-colheita no engenho da UBGx para produção de arroz branco polido.
- Fronteiras do Sistema de Produto: etapas de secagem e beneficiamento de arroz branco polido, realizadas no engenho da UBGx delimitam as fronteiras do sistema; dentro dos limites do sistema do produto, todo o processamento é realizado por equipamentos, consumindo energia elétrica, lenha e água, recursos ambientais

básicos ao processamento do grão. Além de atividades típicas do processamento, Saidelles et al. (2012) apresentam alguns aspectos ambientais deste processo como a geração de impurezas, poeira, cinza, casca, farelo, grãos resíduos e resíduo plástico de embalagens. Tais aspectos serão considerados nesta pesquisa.

4.2 Inventário do ciclo de vida - ICV

Para coleta dos dados e construção do inventário foram considerados, 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. No setor de produção apenas a matéria-prima bruta - o arroz em casca na recepção; o produto final beneficiado já embalado - na expedição; subprodutos e resíduos do beneficiamento; bem como o consumo de água e energia - da recepção à expedição do grão já embalado.

A coleta de dados para construção do ICV, como disposto pela ABNT NBR ISO 14.040, contém informações de entradas e saídas de maior e menor interesse para a UBGx, extraídas de seus registros diários, e sempre relacionando com o que fora identificado durante as visitas ao local para melhor descrever o processamento do grão na unidade, e desta forma são apresentados na Tabela 7. Sendo este o ICV do beneficiamento do arroz branco realizado pela UBGx.

Tabela 7 - ICV das entradas e saídas para o beneficiamento do arroz branco na UBGx e suas unidades.

Entradas	Unidades	Saídas	Unidades
Eletricidade	MJ	Impureza grosseira	kg
Lenha	m ³	Cinza	m ³
Arroz em casca 1	kg	Inço	kg
Transporte até a unidade de processamento	km*t	Arroz em casca, limpo	kg
Arroz em casca, limpo	kg	Casca de arroz	kg
Rolo descascador	itens	Arroz quebrado (canjicão)	kg
Arroz resíduo	kg	Resíduo de arroz quebrado (canjica)	kg

Água	m ³	Pequenas partes de arroz (canjiquinha)	kg
Pastilhas de inseticida (Gastoxin®)	itens	Farelo de arroz	kg
Grão selecionado	kg	Resíduo fino do farelo (quirera)	kg
Bobina plástico (pacote de 1kg)	kg	Arroz resíduo	kg
Bobina plástico, (fardo de 30,757kg)	kg	Grão selecionado	kg
		Fardos produzidos	itens
		Embalagem de produto químico	itens
		Resíduo de embalagens (plástico)	kg

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

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, Tabela 7.

Algumas saídas do processo de beneficiamento foram identificadas como saídas de referência de acordo com Ciroth et al. (2020), estas fazem a ligação entre as áreas do processo, e por isso são inseridas no sistema de entrada (Tabela 7), como por exemplo o “arroz em casca, limpo”. Estas saídas, que retornam como entrada para o processo, promovem a ligação entre as áreas onde as atividades que compõem o beneficiamento são realizadas.

Além da saída de referência foram identificadas outras três saídas: a saída resíduo (casca, cinza e o resíduo plástico); a saída produto (o arroz embalado); e a saída subprodutos do beneficiamento (Tabela 7).

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, 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 (Tabela 8).

Tabela 8 - Inventário de máquinas e equipamentos da UBGx por área do processamento de arroz.

Máquina/Equipamento	Descrição e quantidade de unidades
Área 1: Recepção	
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-1
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-1
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
Área 2: Processamento	
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-1
Rosca helicoidal	Transporte horizontal de grãos
Elevador de caneca	Transporte vertical de grãos

Área 3: Empacotamento	
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 transportadora	Expedição do produto; 2 unidades

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Durante a identificação de cada máquina, nas distintas áreas da UBGx (Tabela 8), foram coletadas também variáveis em seus respectivos motores tais como: Potência (W), Corrente (I), Tensão (V), Fator de potência (φ), 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).

$$PE = W/RM \quad (1)$$

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

$$C = (PE * T)/1000 \quad (3)$$

Onde:

PE = Potência em watts

C = Consumo de cada equipamento em kWh mês⁻¹

T = Tempo de utilização do equipamento em horas mês⁻¹

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, o interesse está sobre a industrialização do arroz.

Com os quantitativos do ICV foi possível identificar qual área apresenta 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 na UBGx.

4.3 Avaliação de impacto do ciclo de vida - AICV

Na avaliação de impactos do ciclo de vida foi utilizado o software openLCA 1.10.2 (com a Licença de uso Nº 244329, para usuário com fim educacional e banco de dados *Ecoinvent v.3.6* em um país não pertencente à OCDE), este foi escolhido para delinear a AICV do grão de arroz branco. Neste software foram carregados o banco de dados da “Ecoinvent v.3.6 apos unit” com seu pacote de método correspondente, o *Ecoinvente Icia*. Em seguida os dados primários do inventário da UBGx foram inseridos, em proporções correspondentes à UF e, considerando a alocação física para as entradas e saídas durante o delineamento do ciclo de vida.

As proporções foram estabelecidas com base na unidade funcional de um fardo pesando 30,757kg, o produto final e de principal interesse, os subprodutos e resíduos bem como energia e água consumidas foram tratados para corresponderem ao principal produto de saída deste processo.

Dessa forma ao inserir tais proporções no software openLCA, a atividade de beneficiamento foi caracterizada de forma a ser reconhecida pelo software, dentro do banco de dados, e assim obter como resposta categorias de impacto correspondentes ao processamento do grão de arroz para sua UF. Por fim, o tipo de alocação de dados foi “conforme definido no processo” de acordo com NBR 14044 (ABNT, 2009) que possibilitou o agrupamento de atividades unitárias em áreas (CRUZ, 2018).

Atrelado à categoria de impacto existe uma unidade equivalente, calculada mediante emissão do processo/atividade em análise, bem como um fator de caracterização, ambos embutidos no método escolhido. Assim, por meio de uma multiplicação, o software calcula as contribuições do processo em estudo para cada categoria de impacto (GUINÉE et al., 2001).

Para a AICV foram analisadas as seguintes categorias de impactos que compõem o modelo descrito por Guinée et al. (2001) para o método CML 2001: Potencial de aquecimento global (PAG); Potencial de acidificação (PA); Potencial de Eutrofização (PE); Uso da terra (UT); Ecotoxicidade marinha aquática (EMA); Ecotoxicidade de sedimentos marinhos (ESM); Toxicidade humana (TH);

Ecotoxicidade aquática em água doce (EAD); Ecotoxicidade de sedimentos de água doce (ESAD); Depleção abiótica (DA); Oxidação fotoquímica (OF); Ecotoxicidade terrestre (ET); e Destruição da Camada de Ozônio (DCO). Para estas, o tempo de fixação de substâncias na atmosfera, segundo Alves (2018) é de 100 anos para a maioria das categorias de impacto, normalmente aquelas que recebem maiores contribuições.

4.4 Análise de resultados

Tendo em vista alcançar o objetivo proposto, a análise de portão ao portão (gate-to-gate), foram utilizados processos/atividades como dados secundários contidos dentro do banco de dados da Ecoinvent que pudessem se ligar diretamente ao processamento do arroz, e posteriormente extrair as categorias de impactos que recebessem contribuições destas. Os dados secundários são descritos a seguir:

- mercado de arroz não basmati | arroz não basmati | APOS, U - GLO;
- mercado de eletricidade, alta tensão | eletricidade, alta tensão | APOS, U - região sul-BR;
- mercado de água da torneira | água da torneira | APOS, U - BR;
- mercado de madeira em tora, *Eucalyptus spp.* do manejo florestal sustentável, sob casca | madeira redonda, eucalipto do manejo florestal sustentável, sob casca | APOS, U - GLO;
- transporte, carga, veículos comerciais ligeiros | transporte, carga, veículos comerciais ligeiros | APOS, U - RoW;
- mercado de extrusão de filme plástico | extrusão de filme plástico | APOS, U – GLO;
- destino de resíduos plásticos, misturas, aterros sanitários | Resíduos de plástico, mistura | APOS, U - RoW;

Com processos específicos, quantificados e constantes no banco de dados para a região sul do Brasil, foi possível delimitar a área geográfica, Figura 5, para a qual foram extraídas categorias de impactos que receberam contribuições do beneficiamento do arroz.



Figura 5 - Área contribuinte para as categorias de impactos do beneficiamento do arroz branco polido. Fonte: Elaborado pelo autor, extraído do openLCA 1.10.2 (2020).

Quanto ao delineamento dos dados e reconhecimento do beneficiamento do arroz pelo software, as Áreas 1, 2 e 3 foram inseridas dentro do banco de dados da Ecoinvent e estas por sua vez, assim como os processos secundários, receberam contribuições do processamento do grão como resposta a área geográfica delimitada na Figura 5.

Para interpretar os resultados foi verificado o potencial impactante de cada categoria conforme cálculos realizados pelo software ao considerar os fatores de contribuições descritos por Guinée et al. (2001) e Cruz (2018). Uma vez obtidas as contribuições da UF temos desta forma a atividade caracterizada quanto ao seu potencial poluidor.

A interpretação seguiu três linhas de análise: a primeira foi em relação ao potencial impactante de cada categoria para comparar com outros estudos de ACV; a segunda foi analisada a contribuição das atividades, dentro de cada categoria, ligadas direta e indiretamente ao beneficiamento do arroz para identificar qual das atividades mais contribui para a pontuação da sua categoria. Por último, a interpretação foi para identificar qual área do beneficiamento se mostrou mais impactante em relação às categorias de impacto quantificadas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A UBGx que disponibilizou os dados primários para a ACV do arroz branco polido é de pequeno porte considerando seu quadro de 90 funcionários registrados e faturamento anual de aproximadamente 64 milhões (IBGE, 2016; BRASIL, 2011) mediante produção total de fardos referente ao ano de 2019. A mesma possui uma capacidade instalada de $6.287,51 \text{ kg h}^{-1}$, alcançando uma produção diária maior que $75.000 \text{ kg dia}^{-1}$, isso admitindo o seu período de maior produção. Nos tópicos a seguir serão discutidos os dados levantados na ACV.

5.1 Quantificação de produto, subprodutos e resíduos em resposta ao ICV construído para o beneficiamento do arroz branco

Ao longo do ano de 2019 foram quantificadas diferentes entradas na agroindústria sendo a principal delas, o arroz, matéria prima nas arrozadeiras, variando de 1 a 5 milhões de kg, ou 1 a 5 mil toneladas, do grão para processamento na UBGx (Figura 6) ao longo dos meses de janeiro a dezembro.

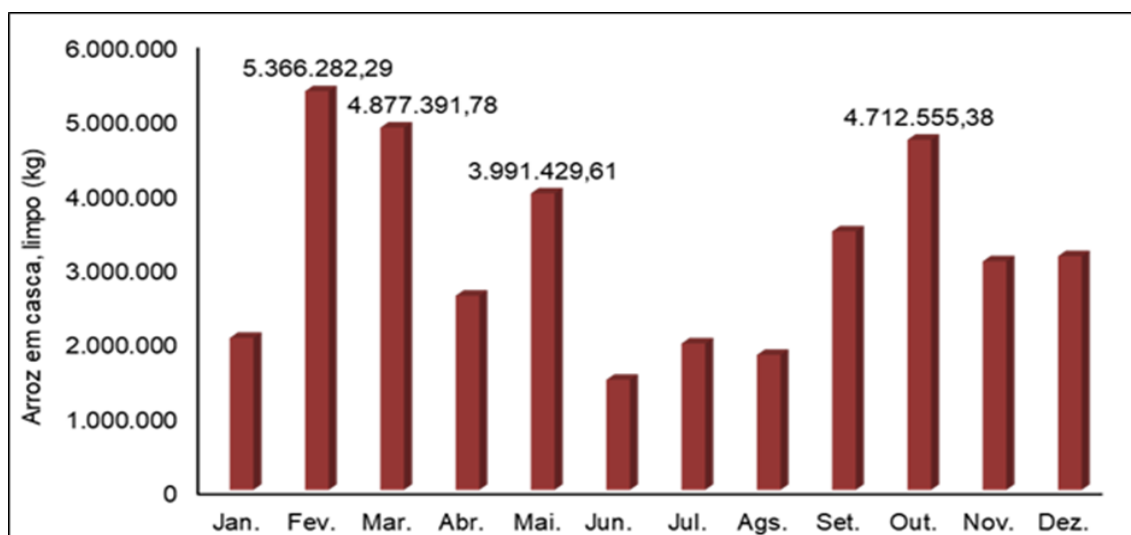


Figura 6 - Entradas mensais de arroz limpo para descasque na UBGx em quilogramas de arroz em casca por mês.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Os meses de fevereiro, março, maio e outubro foram quantificados com as maiores entradas do grão, Figura 6, e compatíveis com os meses de maiores saídas do produto, fardos prontos para expedição. Cada fardo pesando aproximadamente

30,757 kg, já considerando peso de embalagens. Evidencia-se que as três maiores produções mensais foram superiores a 4 mil toneladas.

Observa-se uma diferença da quantidade de fardos produzidos em relação ao volume de grãos descascados, isso deve-se ao estoque construído pela UBG para manter sua produção mensal, no mínimo 30.000 fardos ao mês como verificado em junho de 2019. Assim, o que não é imediatamente beneficiado acaba sendo armazenado ao longo do sistema de beneficiamento. Existem estoques, no setor de arroz limpo (acondicionado em silos na área interna - área de descasque); arroz descascado (acondicionado em caixa de concreto); e o grão inteiro selecionado (acondicionado em outras quatro caixas de concreto acima das máquinas empacotadeiras) pronto para ser dosado com grão quebrado, havendo assim diferenças de entrada de matéria prima e saída de fardos no final do processo. No mais, deve-se considerar que silos pulmões são usuais em unidades de beneficiamento de grãos e configuram-se em estoques do produto conforme Milmann et al. (2014).

Ainda quanto a diferença do montante de grãos que segue na linha de produção, o grão selecionado, que recebe uma porcentagem de grãos quebrados após classificação, segundo a Instrução Normativa nº. 2 de 2012 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2012), para ser embalado como Tipo 1 ou Tipo 2. Da produção total na unidade beneficiadora, verifica-se que no mês de outubro com produção de quase 95 mil fardos de arroz, mês de maior produção no ano de 2019 (Figura 7).

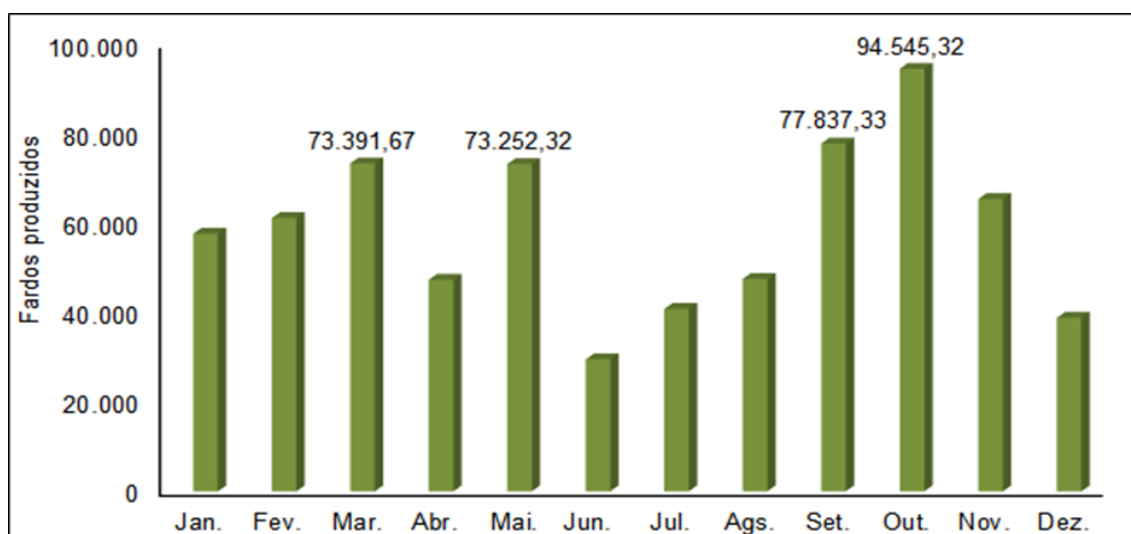


Figura 7 - Produção mensal de arroz branco em fardos (unidades) na UBGx.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A capacidade instalada da UBGx em fardos é de aproximadamente 3.353 fardos/dia, admitindo-se o tempo máximo de funcionamento diário de 16 h na área de empacotamento, situação identificada no local durante a coleta de dados, em seu período de maior produção. Assim, a UBG tem potencial para alcançar uma produção mensal maior que 94.000 fardos/mês, evidente no gráfico da Figura 7.

Na Figura 8, observa-se uma geração de casca de arroz, condizente com a produção mensal de arroz processado, mais de 1000 toneladas de casca no mês de setembro, com valores semelhantes nos meses de outubro e novembro de 2019.

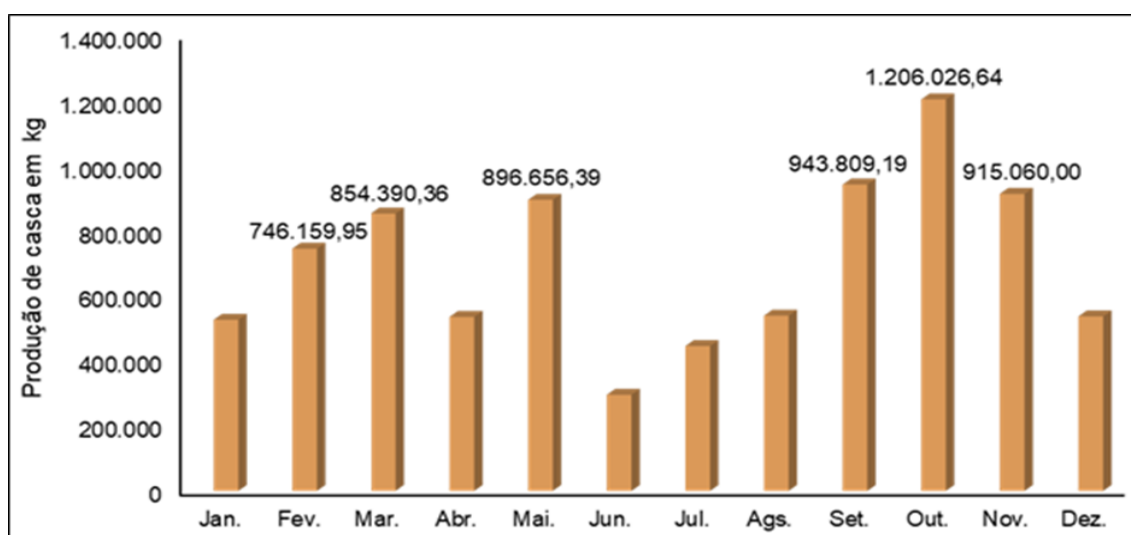


Figura 8 - Produção mensal de casca de arroz em quilogramas na UBGx.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O volume mensal de casca gerado pela UBGx, resíduo específico do beneficiamento de arroz e mais volumoso, é gerado em proporções semelhantes à saída de fardos. A semelhança estética é visível entre as Figura 7 e 8, e os meses de maiores produções seguem semelhantes em ambas. A UBG é de fato uma unidade de beneficiamento e não de armazenamento, no entanto, há geração de estoques, para o produto e subprodutos, mas não para o montante de casca. Quanto à geração de estoques, foi identificada a deficiência no acondicionamento dos subprodutos, uma vez que a saída destes não é tão requisitada quanto ao do produto final do beneficiamento.

As saídas, dos subprodutos, foram agrupadas quadrienalmente, conforme as Figuras 9, 10 e 11. Na Figura 9, constata-se que o subproduto arroz resíduo tem maior saída nos primeiros meses do ano. Este subproduto mais volumoso é constantemente

acondicionado de forma precária em *bags* de nylon no galpão onde deveria funcionar apenas a oficina. Situação que demanda atenção por atrair pragas e vetores que comprometem a segurança alimentar nas dependências da indústria e, desta forma, foi identificado também que as medidas de controle de pragas no local têm sido deficientes tendo em vista o mal acondicionamento de subprodutos no local. Contudo as menores proporções são observadas nos popularmente chamados resíduo canjição e quirera de farelo (ver tabela 7), destinados à alimentação humana e animal.

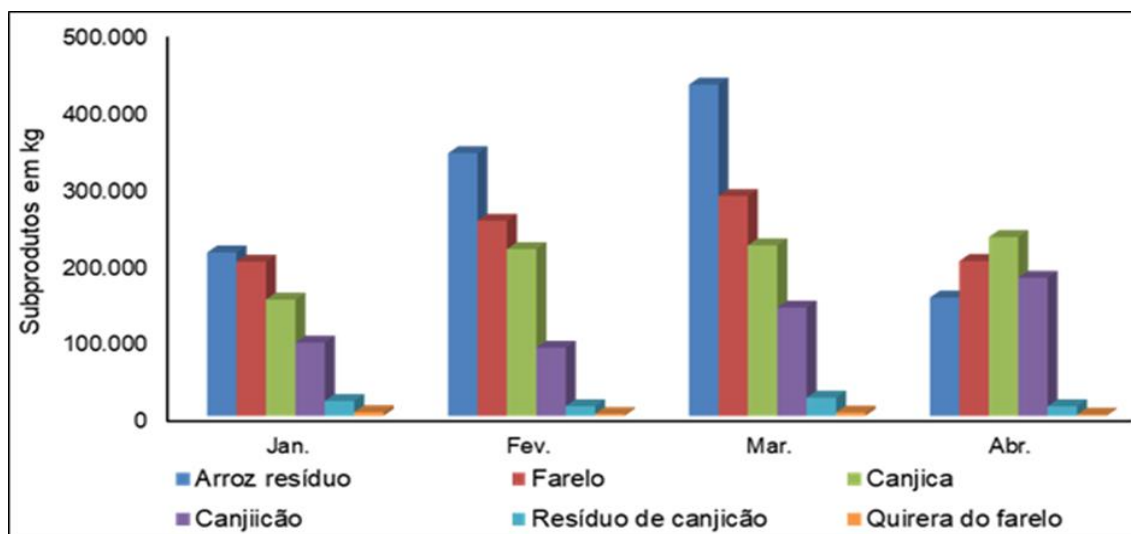


Figura 9 - Subprodutos do beneficiamento de arroz nos primeiros meses de 2019 na UBGx em quilogramas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O canjição na Figura 9 é o destinado às vendas, um dos subprodutos de interesse econômico na UBGx, no entanto à outra proporção gerada desse subproduto, a utilizada para dosar uma porcentagem de quebrados nos pacotes do produto final, seja Tipo 1 ou Tipo 2. Nota-se que como produto de consumo humano as condições de armazenamento demandam controle quanto a segurança alimentar. Com isso, foi verificado um consumo médio de 85.553,29 kg de canjição no empacotamento, produção de janeiro a abril de 2019 na UBG.

Ao analisar os meses de maio a agosto, nota-se na Figura 10, que a popularmente chamada canjica (ver tabela 7) teve um valor superior aos demais subprodutos, em relação a todos os meses, ao comparar com os dados da Figura 9 e 11. O aumento deste subproduto em relação aos demais pode ser devido ao grão processado, no período em questão, ser proveniente de safras anteriores e, como o

arroz é sensível a fissuras, quanto maior o seu manuseio maior a possibilidade de quebra.

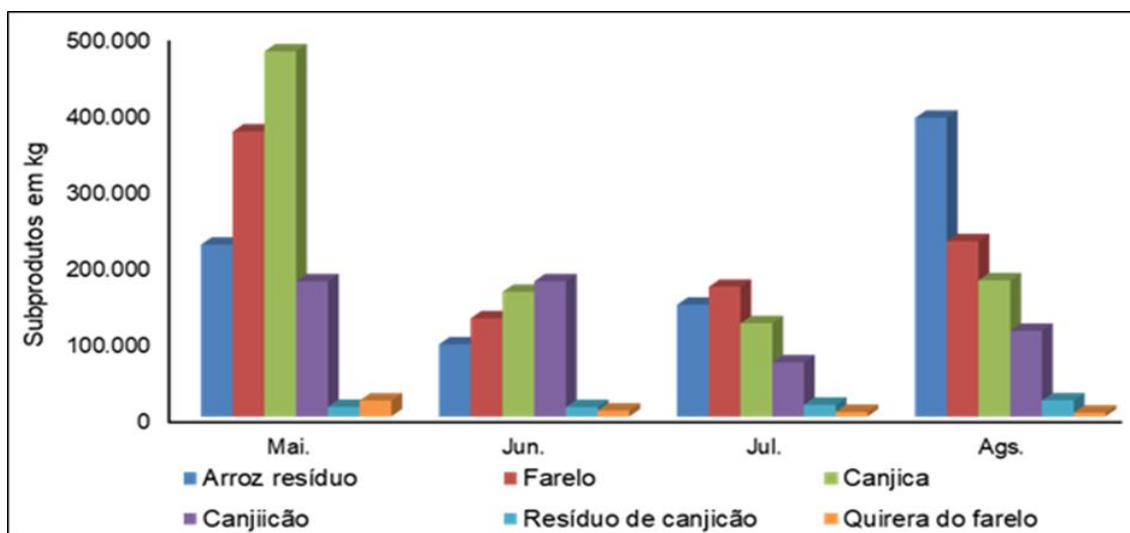


Figura 10 - Subprodutos do beneficiamento de arroz de maio a agosto de 2019 na UBGx em quilogramas.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Nos últimos 4 meses do ano, verifica-se na Figura 11, uma oscilação no quantitativo de saída destes subprodutos, sendo os principais durante este período o arroz resíduo, farelo e o popularmente chamado canjica (ver tabela 7). Os últimos meses do ano o processamento ocorre de arroz ainda da safra, mas também de arroz armazenado de safras anteriores. O arroz é um cereal que quanto mais manusear mais danos mecânicos ocorrem e pode-se fissurar e com isso gerar maior volume de resíduo/subprodutos.

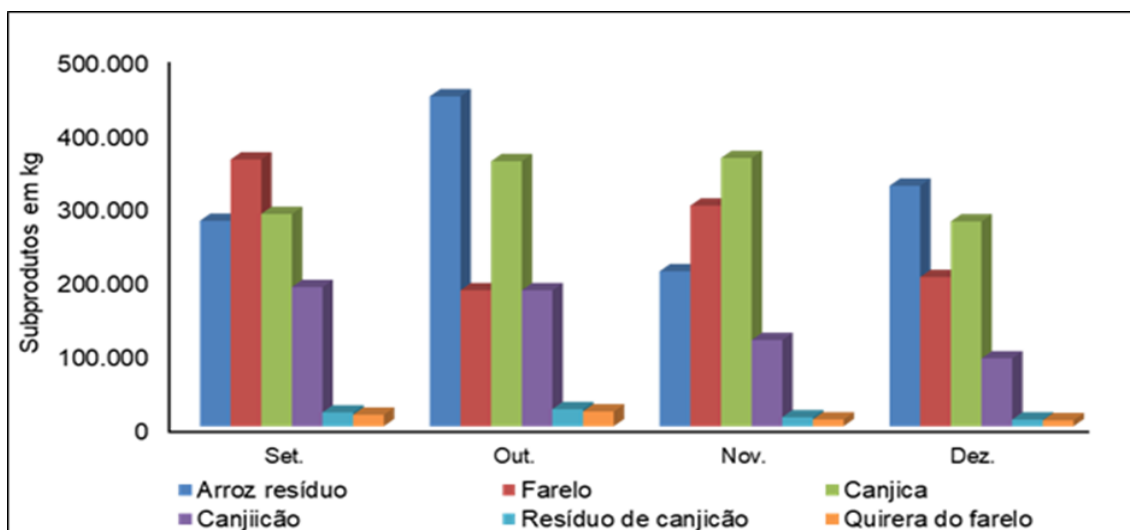


Figura 11 - Subprodutos do beneficiamento de arroz em quilogramas nos quatro últimos meses na UBGx em 2019.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O arroz resíduo, extraído das máquinas selecionadoras, foi identificado e classificado como entrada e saída na UBGx. Uma vez que se enquadra como reaproveitamento dentro do beneficiamento. Para melhor aproveitamento dos grãos e posteriormente reclassificação para o empacotamento do arroz branco polido Tipo 2, sendo produzidos aproximadamente 108.600 fardos em 2019.

Como resultado do ICV geral realizado para UBGx, foi obtido o mapeamento de resíduos comuns a outras atividades agroindustriais, assim como os específicos gerados por um engenho de arroz. O resíduo sólido mais gerado é a casca de arroz, no entanto, é notório que em todas as fases do beneficiamento há geração deste e outros resíduos (Tabela 9).

Tabela 9 - Fonte geradora, quantificação, estado físico e composição aproximada e classificação de resíduos segundo NBR 10.004/2004.

Resíduo e sua classificação	Fonte geradora	Quantidade gerada (estimativa aproximada)*	Estado físico	Composição aproximada
Casca de Arroz Classe II A	Setor de descasque	1.001.408,00 kg a cada três meses, não há armazenamento	Sólido	Proteína, gordura, lignina, fibras, compostos de nitrogênio, lipídio, carboidratos, sílica
Impureza Classe II A	Setor de recebimento	94000,00 kg a cada três meses, não há armazenamento	Sólido	Proteína, gordura, lignina, fibras, compostos de nitrogênio, lipídio, carboidratos, sílica

Cinza Classe II A	Secador e fornalha	50 m ³ a cada três meses, não há armazenamento	Sólido	Sílica; SiO ₂ ; Al ₂ O ₃ ; Fe ₂ O ₃ ; CaO; MgO; K ₂ O; P ₂ O ₅ ; SO ₃ ; TiO ₂ ; MnO; Cl; Rb ₂ O; Co ₃ O ₄
Embalagens de produtos químicos Classe I	Setor de empacotamento/ expedição	Fosfina (pastilha): 250g para cada container/7t	Sólido	PEAD MONO (polietileno), COEX (poliamida polietileno), PET (Tereftalato de Etileno) e Embalagem Metálica (aço).
Resíduo têxtil contaminado (Panos, estopas, etc.) Classe I	Setor de elétrica e consumo	20 kg a cada três meses, armazenados em tonéis de 200 L	Sólido	Algodão, poliéster, ácido, orgânico, cetona
Embalagem com resíduo graxo Classe I	Setor de elétrica e consumo	3,75 tonéis de 200 L a cada três meses	Sólido + Pastoso	Óleo mineral ou sintético, agente espessante
Óleo lubrificante Classe I	Setor de elétrica e consumo	0,75 tonel de 200 L a cada três meses	Pastoso	Compostos oxigenados (ácidos orgânicos e cetonas), compostos aromáticos polinucleares de viscosidade elevada, resinas e lacas.
Filtro de óleo Classe I	Oficina	0,75 tonel de 200 L a cada três meses	Sólido	Carcaça, papel especial, óleo
Fios elétricos Classe II A	Setor de elétrica	0,75 tonel de 200 L a cada três meses	Sólido	Plástico, cobre
Impurezas Classe II A	Laboratório	30 a 60 kg a cada três meses, armazenados em <i>bag</i> de nylon	Sólido	Talos, casca, grão de arroz quebrado e/ou danificado, manchados, gessados, materiais estranhos, etc.
Lâmpadas fluorescentes Classe I	Todos os setores	20 unidades por ano, armazenadas em tonéis de 200 L	Sólido	Vapor de Hg (20mg), Ch, Cr, Mg, Ni, Cd, Ba, Sb
Latas de tinta com resíduo Classe I	Setor de pintura	1 tonel por ano, armazenadas em tonéis de 200 L	Sólido	Alumínio, resina, pigmento, aditivo, solventes
Lodo de tinta Classe I	Setor de pintura	½ tonel por ano, armazenadas em tonéis de 200 L	Pastoso	Resina, pigmento, aditivo, solventes
Madeira Classe II A	Marcenaria	50kg a cada três meses, armazenado em tonéis de 200 L	Sólido	C, H, O, N, celulose, lignina

Poeira Classe II A	Processo de pré-limpeza do arroz	5 cargas de caminhão a cada três meses, armazenados em <i>bags</i>	Sólido	Compostos de nitrogênio e Sílica
Pilhas Classe I	Setor de consumo	1 garrafa pet a cada seis meses	Sólido	Hg, Pb, Cd, In
Plástico (filmes e pequenas embalagens) Classe II A	Setor administrativo e empacotamento	1.000 kg a cada três meses	Sólido	Polímero
Resíduo de borracha (pneu e outros) Classe II A	Oficina	1m ³ a cada três meses, armazenados em galpão	Sólido	Borracha, aço, tecido de náilon ou poliéster
Papelão/papel Classe II A	Setor de consumo e expedição do produto	70 kg a cada três meses, armazenado em tonéis e sacos plásticos	Sólido	Fibras
Papel Classe II A	Administrativo/e scritórios	20 kg a cada três meses, armazenado em sacos plásticos	Sólido	Fibras
Resíduo orgânico (Erva mate) Classe II A	Todos os setores	25 kg por mês, armazenado em sacos plásticos	Sólido	Compostos orgânicos
Tecnológico Classe I	Todos os setores	200 kg por ano, armazenados em caixas de papelão e sacos plásticos	Sólido	Plástico, metal não ferroso (chumbo, cádmio, berílio, mercúrio), vidro, borracha, placas eletrônicas (ouro, platina, prata, paládio)
Tubos de PVC rígido Classe II A	Setor beneficiamento	50m a cada seis meses, armazenado em galpão	Sólido	Plástico polimerizado: cloro, eteno e olefinas - PP e PE
Conexões de PVC rígido Classe II A	Setor beneficiamento	30 peças a cada seis meses, armazenadas em tonéis de 200 L	Sólido	Plástico polimerizado: cloro, eteno e olefinas -PP e PE

*Quantitativos extraídos com base no modelo de requerimento de licença enviado pela UBGx à Secretaria Municipal de Qualidade Ambiental em Pelotas/RS.
Fonte: Adaptado de Saidelles et al. (2012) e Andrade et al. (2018).

Dos resíduos identificados na Tabela 9, apenas a geração de casca de arroz representa especificamente a atividade de beneficiamento deste grão, assim fica evidente que este tipo de empreendimento gera uma diversidade de resíduos. Outras

atividades também geram os demais tipos de resíduos, como relatam Andrade et al. (2018) nos diferentes empreendimentos com seus respectivos resíduos, semelhantes aos desta pesquisa, embora os autores citados não tenham incluído em seu trabalho o engenho de arroz.

A composição dos resíduos, identificados no mapeamento (Tabela 9), são em sua maioria classificados como pertencentes aos Resíduos classe II A ou Não inertes. Quanto a destinação desses a empresa declara, em conformidade com a Secretaria Municipal de Qualidade Ambiental (SMQA), que: resíduos do setor administrativo são coletados e destinados conforme serviço de limpeza pública; os demais resíduos, por serem de elevado volume ou periculosidade (Classe I e Classe II), são encaminhados a prestadoras de serviços que realizam a destinação final adequada.

Quanto aos resíduos e subprodutos específicos do processamento do grão de arroz, fazer a distinção entre eles foi de fundamental importância para modelagem dos dados dentro do software openLCA. Uma vez que para um processo qualquer são gerados “produtos” que não são do interesse final do processo, mas que acabam obtendo valor agregado no mercado, e por isso são classificados como subprodutos, pois além de valor econômico são gerados de forma controlada, têm aplicação direta como matéria-prima dentro do mesmo processo ou insumo em outro processo (METZ, 2014; FIPA, 2007).

Da matéria-prima, arroz em casca no recebimento, os subprodutos específicos da atividade em análise foram identificados como aqueles que detêm valor econômico agregado tanto ao beneficiamento desse grão quanto para a UBGx em relação à destinação e aproveitamento dos mesmos. Na Tabela 10 averigua-se os quantitativos gerados ao longo do ano de 2019, ano de cobertura temporal para a coleta de dados, o maior volume de resíduo gerado na atividade é de casca com produção de mais de 8 mil toneladas, uma quantidade expressiva direcionada à alimentação animal, entre outras finalidades, e poderia ser utilizada também no setor de secagem.

Tabela 10 - Subprodutos e resíduos com aproveitamento econômico pela UBGx.

Subprodutos	Quantitativo (kg)	Resíduo	Quantitativo (kg)	Finalidade
Sementes de outras espécies, talos, palha, grãos de arroz (inço)	151.834,00	Impureza grosseira	791.866,72	Alimentação animal e biomassa, queima; e descarte

	Casca	8.445.503,09	Alimentação animal, biomassa, cama de aviário, queima em caldeira e descarte
Arroz quebrado (canjição)	1.625.066,21		Produção de farinha, ração animal
Resíduo de arroz quebrado (canjica)	3.055.359,13		Produção de farinha, alimentação animal
Arroz resíduo	3.260.915,44		Reprocessamento para Arroz T2, produção de farinha; Alimentação humana e animal
Farelo	2.893.308,86		Alimentação animal e humana (na produção de farinha, flocos e óleo de arroz)
Resíduo fino de farelo (quirera)	106.389,71		Alimentação animal

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A justificativa para o não uso da casca como fonte energética pela UBGx em sua fornalha é o volume de cinza gerado em relação a 1% de cinza da lenha de eucalipto, porcentagem essa segundo Raad (2004) e Raad, Pinheiro; Yoshida (2006), empregada na secagem do grão de arroz na recepção, uma vez que Foletto et al. (2005) descreve que 18% do peso da casca é convertido em cinzas, ainda um grande volume a ser encaminhado para destino correto.

Logo, considerando que 20% do peso do grão seja casca tem-se uma pequena redução no volume de resíduo a ser destinado, e assim a UBGx ainda precisaria custear a destinação desse volume de cinza. Portanto seus gestores preferem custear a destinação da casca para produtores de aves e prestadoras de serviços com destinação mais adequada, concluindo por fim que o não uso das cascas deve-se a uma questão de logística.

5.2 Categorias de impacto extraídas do openLCA em resposta ao beneficiamento de arroz branco

Foram agrupadas as categorias de impactos ambientais com maiores contribuições negativas ao meio ambiente ligadas ao beneficiamento de arroz branco.

Destas categorias (Figura 12), o Potencial Ecotoxicidade de Sedimentos Marinhos (PESM), com maior taxa de contribuição destacando-se das demais analisadas.

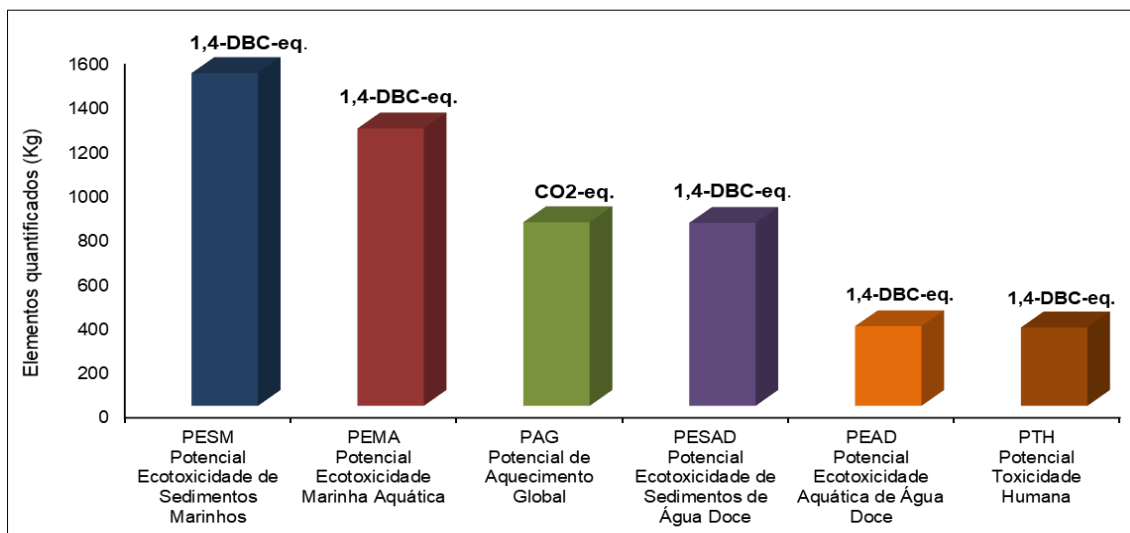


Figura 12 - Categorias de impactos que receberam maiores contribuições do processamento do grão de arroz em 1,4 DBC e CO₂-eq.

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

A categoria PESH, referente a quantidade de químicos tóxicos letais para os peixes, têm potencial para comprometer o ecossistema marinho. Uma vez que, poluentes com potencial para se ligarem e/ou formarem sedimentos marinhos demandam preocupação, pois segundo Barjoveanu et al. (2018), tais poluentes/contaminantes podem reentrar na coluna de água ficando disponíveis para organismos e conseqüentemente compor as cadeias alimentares aquáticas. Vale destacar que, a indústria neste estudo está localizada no Estuário da Lagoa dos Patos e a área reconhecida pelo modelo, CML 2001, na ACV foi a região Sul do Brasil. Ao analisar a categoria PESH, Silva (2014) verificou na produção de óleo de peixe, contribuições 9 vezes menores de 1,4DBC-eq que os verificados no processamento de arroz obtidos neste estudo.

A segunda categoria, que obteve maior contribuição para ACV realizada na UBGx foi o Potencial Ecotoxicidade Marinha Aquática (PEMA) (Figura 12). Ao comparar ao trabalho de Nabavi-Pelesaraei et al. (2019) se vê semelhanças. Analisando processos de arroz, esses autores relatam que para o PEMA foi de 10.918,735 kg de 1,4DBC-eq. em engenhos de arroz no Irã, sendo essa a categoria que teve maior contribuição no processamento, semelhante ao verificado entre as categorias na presente pesquisa.

Em estudo com arroz parboilizado integral, Nunes et al. (2017), em ACV realizada no município de Camaquã-RS, destacou para o processamento deste grão uma contribuição de PEMA 13 vezes menor. Embora o banco de dados e o método tenham sido os mesmos aplicados para o arroz branco na UBGx essa tamanha diferença pode ser justificada pois os mesmos analisaram o ICV somente para o processo de parboilização do grão e, portanto, mais restrita. No estudo dos autores citados, não foram considerados: o beneficiamento em si (a separação de quebrados, a classificação e o polimento), além do empacotamento do produto final atividades potencialmente impactantes.

Os dados da Figura 12, na ACV para o arroz branco em Pelotas, forneceram uma contribuição 30 vezes maior na categoria Potencial Ecotoxicidade de Água Doce (PEAD) em comparação ao trabalho de Nunes et al. (2017) com arroz parboilizado e 120 vezes a mais do que Nabavi-Pelesarai et al. (2019) na produção de arroz branco no Irã. Como justificativa para maiores valores que esta pesquisa conta com um ICV bastante detalhado em comparação ao que se verifica nos trabalhos dos autores e constata-se que quanto mais detalhado, como entradas de dados primários e secundários para o software, maior quantidade de dados serão analisados.

Relevante novamente relatar que a área vinculada ao ACV é a região sul do Brasil e com um dos maiores estoques de água subterrânea no mundo o Aquífero Guarani, além obviamente do já citado estuário da Lagoa dos Patos. Portanto, a região do empreendimento faz com que os potenciais sejam majorados. Ainda com base nos potenciais apresentados por Nunes et al. (2017) em ambientes aquáticos somados aos resultados desta pesquisa pode-se afirmar que o processamento do grão de arroz pode variar de 93,487 kg de 1,4DBC-eq. a 1.255,9 kg 1,4DBC-eq. considerando água de rios e mares bem como para sedimentos que possam vir a se formar.

Entre as treze categorias analisadas neste estudo, quatro receberam pontuações elevadíssimas, ambas para o ambiente aquático, são elas: PESM, PEMA, PESAD e PEAD. No entanto foi verificado, em especial no que diz respeito sobre sedimentos. Na busca por estudos que tivessem abordado estas categorias, verificou-se que essas categorias são pouco difundidas entre estudos de ACV. Se justifica este fato, pode estar relacionado a região onde os estudos foram realizados e ou por não corroborarem com o objetivo declarado para o ciclo de vida do produto estudado.

Esses dados demonstram a importância de se aprofundar nesse potencial poluidor aquático para verificar a sensibilidade e uma possibilidade de sub ou sobre

estimação. Pois o banco de dados não é brasileiro e os fatores de impactos para toxicidade marinha são muito maiores do que para água doce, quando se esperava obter maior potencial em água doce. Com isso a utilização de um banco de dados nacional traria uma maior clareza na interpretação entre estes dois ambientes aquáticos, no entanto, afirma-se que este trabalho sugere um potencial e não necessariamente o impacto real e pode nesse caso não ser tão aproximado a realidade em regiões brasileiras.

Para esta ACV realizada na cidade de Pelotas inserida na região Sul (Figura 3) e reconhecida dentro do software com a modelagem dos dados (Figura 5), para uma atividade geradora de elevado volume de resíduo, o beneficiamento do arroz tem potencial para apresentar elevadas contribuições como foi visto nos resultados obtidos para as categorias relacionadas ao ambiente aquático, pois segundo Gerling et al. (2016) problemas ambientais são frequentemente resposta a elevada geração de resíduos bem como a forma e local de disposição inadequada deste, visto que grande parte da poluição que chega ao mar tem por caminho rios margeados por cidades.

O Potencial de Aquecimento Global (PAG), interpretado também como Potencial de Mudança Climática, diz respeito a mudanças no meio ambiente. E estas recaem sobre toda a biodiversidade bem como sobre a interação social do homem com a natureza, visto que suas atividades geradoras de gases de efeito estufa, sendo o CO₂ o principal deles, são elementos que regulam a temperatura e o clima tanto em escala regional como em escala global (GERLING et al., 2016).

No presente estudo, o processo analisado, obteve contribuição de 831,53345 kg CO₂-eq na categoria PAG (Figura 12). Esta é a categoria de impacto mais difundida em estudos de ACV dada a sua importância no ambiente e sua representação nestas pesquisas, como exemplo, influenciar contribuições para outras categorias (MEDEIROS et al., 2018; GUERCI et al., 2014; ALQAISE et al., 2014; DALGAARD et al. 2008).

O autor Silva (2014), na categoria PAG, obteve contribuições de 95,3467 e 424,44466 kg de CO₂-eq. para farinha e óleo de peixe; Nunes et al. (2017) 4.041,2729 kg CO₂-eq. no processo de parboilização e descasque; Nabavi-Pelesarai et al. (2019) 258,66637 kg CO₂-eq. na produção de arroz branco utilizando gás natural como fonte de energia. Os resultados obtidos por estes autores, assim como constatado na ACV realizada com dados da UBGx são decorrentes da fase de transformação de matéria

prima, como afirmam Iribarren; Moreira e Feijoo (2012) atividades que mais contribuem para a categoria PAG.

Sabendo que a categoria PAG faz com que outras categorias também recebam contribuições da atividade estudada. Segundo Frischknecht et al. (2016) é comum que a saúde humana e alterações na biodiversidade sejam quantificadas. Por isso, foram analisadas também contribuições nas categorias toxicidade humana e terrestre (Figura 12), eutrofização, acidificação e esgotamento de recursos abióticos. A Figura 13 estão agrupadas categorias que receberam menores contribuições do processo de beneficiamento do arroz.

Sobre a Potencial Toxicidade Humana (PTH) é descrito por Wenzel, Hauschild e Alting (2000) como uma categoria que recebe contribuições de atividades industriais cujas emissões gasosas com características químicas dotadas de teores nocivos e facilmente incorporados por organismos. Tendo em vista que as rotas de intoxicação ocorrem pela respiração e ou ingestão de materiais contaminados por substâncias tóxicas, não biodegradáveis, que se concentram nos organismos vivos conforme Silva e Costa (2019).

Para o PTH, Guinée et al. (2001) apresenta a abrangência desta categoria sobre os seres humanos com escala local, regional e global (Tabela 6). Para algumas substâncias que apresentam ligações químicas de difícil quebra molecular, facilmente transportadas e venenosas. Em se tratando de arroz as partículas de sílica podem ser classificadas como tal, assim sendo relatado por Nabavi-Pelesarai et al. (2019) uma resposta de 10,14981 kg 1,4DBC-eq. na produção de arroz com um potencial 30 vezes menor do verificado para o modelo de ciclo de vida do arroz neste estudo. Contudo é uma categoria bastante sensível, susceptível a obter valor resposta elevado pois segundo Sala; Ciuffo e Nijkamp (2013) a geografia da região, bem como o clima, pode promover variações quanto a sensibilidade de uma população frente a mecanismos de exposição, e neste contexto se encaixa a região deste estudo e justifica o resultado apresentado na Figura 12.

O Potencial Ecotoxicidade Terrestre (PET) em resposta ao beneficiamento do grão de arroz (Figura 13) teve como objetivo representar a quantificação dos possíveis efeitos de diferentes contaminantes, que possam ter o solo como destino, recebeu pontuação de 170,313 kg 1,4-DCB-eq., uma vez que, para precisar quantidades seguras para manter as funções do ecossistema solo. A necessidade de proteção do solo é baseada nas importantes funções por ele desempenhadas como, por exemplo,

dar suporte à prestação de serviços ecossistêmicos (SEGAT et al., 2018). É uma categoria que demanda atenção para realização do processo.

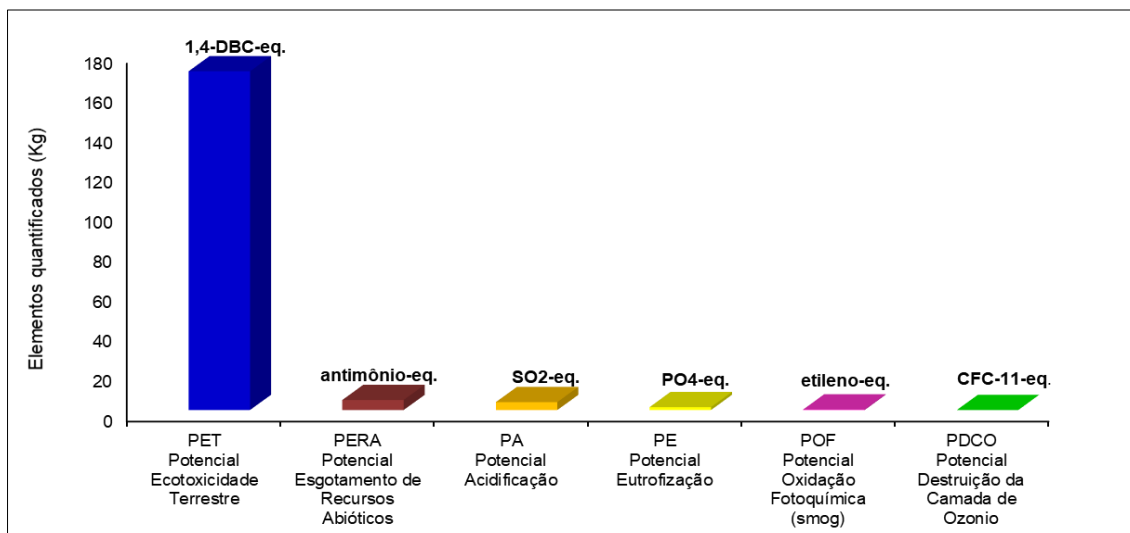


Figura 13 - Categorias de impacto que receberam menores contribuições do processamento do grão de arroz (em quilograma).

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Referente ao processamento de arroz realizado pela UBGx na cidade de Pelotas-RS (Figura 13) a quantificação da categoria PET foi superior em até 2.400 vezes aos estudos de Silva (2014); Nunes et al. (2017) e Nabavi-Pelesarai et al. (2019). No entanto, esta categoria está entre as susceptíveis a influências decorrentes do contexto geográfico, conforme Sala; Ciuffo e Nijkamp (2013), em receber valores distintos conforme delineamento e abrangência de dados para área de estudo e deve ser vista de forma singular para cada região visto que ainda são escassos, ou inexistentes, estudos abordando influências regionais sobre resultados de ACV.

Em relação ao uso e ocupação do solo, na categoria Uso da Terra (UT), o resultado foi de 90 m²/ano em resposta à ACV realizada na área do estudo. Para interpretar esta categoria de impacto, Dalgaard et al. (2008), diz que o consumo de um determinado produto custa um equivalente em área cultivada. Em sua pesquisa para produção de farelo de soja, os autores apresentaram o consumo deste produto custando 108 m²/ano. Assim, os impactos para beneficiamento de arroz, nesta categoria, são menores comparados ao de farelo de soja e ainda menores comparado ao apresentado por Nunes et al. (2017) em ACV para arroz parboilizado integral em Camaquã-RS. Os autores apresentaram um valor 6 vezes maior ao deste trabalho e,

portanto, verifica-se que o consumo de arroz branco equivale a uma área agricultável bem menor do que para o consumo do arroz parboilizado no Rio Grande do Sul.

Quanto às atividades industriais, vinculadas ao uso da terra, Oosterhoff e Kootwijk (2020) afirmam ser de grande importância a quantificação desta categoria de impacto sobre a biodiversidade e qualidade do solo, visto que o uso prejudicial da terra geralmente ocorre longe, a montante da cadeia de processamento. Dalgaard et al. (2008) afirma que a maior preocupação quanto ao uso desse recurso está sobre a transformação de ecossistemas primitivos em terras agrícolas. No entanto, a lavoura arrozeira encontra-se instalada no RS a anos e com produção média por área estável conforme dados apresentados por IRGA (2020).

O esgotamento dos recursos abióticos considera a depleção devido a extração de recursos naturais (BILLAR, 2016). Assim, o Potencial Esgotamento de Recursos Abióticos (PERA) no beneficiamento de arroz resultou, de minerais e combustíveis fósseis usados, uma contribuição de 5,03588 kg de antimônio-eq. referente ao peso de 1 fardo de arroz processado (Figura 13).

Em suas pesquisas, para a categoria PERA, Nunes et al. (2017) relatam que houve contribuição de 1,352938 kg de antimônio-eq. do processamento de arroz parboilizado integral e no trabalho de Nabavi-Pelesarai et al. (2019) com 1,2671884 kg de antimônio-eq. na produção de arroz no Irã. Averigua-se que a atividade transporte não consta entre as atividades delineadas pelos autores citados e por isso, o PERA no presente estudo, ao incluir transporte no modelo de ciclo de vida desse grão, recebe maior pontuação.

Em se falando de acidificação, ou redução do pH, existe uma preocupação segundo Oliveira (2017) sobre os efeitos acidificantes provenientes das mais diversas emissões antropogênicas, elevando a acidez nos sistemas aquáticos e terrestres devido ao potencial dos óxidos de nitrogênio e enxofre em acidificar o meio, quer seja ele aquático ou terrestre, onde gera danos à qualidade dos ecossistemas, inibindo o aumento da biodiversidade.

Para análise do Potencial Acidificante (PA) de uma atividade os elementos SO_2 , NO_x e NH_3 são quantificados e convertidos em um indicador de comparabilidade quantificado em kg SO_2 -eq. (SEÓ et al., 2017). Neste sentido, o beneficiamento do arroz branco polido foi quantificado com valor de 3,98413 kg SO_2 -eq., expressando assim o potencial impactante da produção de 1 fardo deste produto pronto para expedição em resposta a potencial alteração ambiental (Figura 13).

O potencial impactante da categoria acidificação pode ser bastante elevado, e deve-se basicamente ao tipo de produto ou nível de processamento do sistema analisado segundo Cherubini et al. (2018), o que pode ser visto também ao comparar os ICVs construídos.

Na produção leiteira do Brasil, os autores Guerci et al. (2013) afirmaram que há um potencial poluidor de 0,3906 kg SO₂-eq. a 0,7874 kg SO₂-eq.; na produção de farelo de soja os autores Dalgaard et al. (2008) quantificaram 0,7474 kg SO₂-eq.; e no processamento de arroz branco polido Nabavi-Pelesaraei et al. (2019) quantificou 0,2485 kg SO₂-eq. na província de Guilan-Irã, todos os resultados para o peso equivalente a um fardo do produto pronto para expedição, UF declarada na presente pesquisa. Estes estudos contam com diferenças justificadas não só por analisar produtos diferentes, mas também por inclusão ou exclusão de entradas para seus inventários de processos produtivos que lhes proporcionaram valores inferiores ao verificado para a UBGx analisada.

Ao utilizar o gás natural liquefeito de petróleo como fonte de energia, foi verificada uma diminuição no potencial acidificante do processamento do arroz branco, relatada por Nabavi-Pelesaraei et al. (2019). No entanto, os autores não incluíram no ICV de seu estudo o consumo de eletricidade, embora tenham comparado a produção utilizando gás natural em paralelo à produção utilizando eletricidade, uma atividade que se liga diretamente ao processamento do grão. E assim, não computando dentro do banco de dados a contribuição da produção de energia para o beneficiamento, uma atividade ainda que indiretamente, com forte contribuição para a pontuação do consumo de energia no beneficiamento do arroz verificado nos resultados da AICV desta pesquisa.

Entre diferenças e semelhanças, o trabalho do qual esta pesquisa na categoria acidificação, com contribuição de 3,98413 kg SO₂-eq, mais se aproximou em delineamento de ICV e resultado para a categoria foi realizado por Nunes et al. (2017) em Camaquã-RS, onde obtiveram valor de 3,2315 kg SO₂-eq, também para o processamento do arroz, mas parboilizado, muito próximo ao valor obtido no presente estudo na cidade de Pelotas-RS.

O Potencial Eutrofização (PE) recebeu contribuição de 1,44894 kg PO₄-eq. do beneficiamento de arroz na UBGx. Nabavi-Pelesarai et al. (2019) na produção de arroz branco no Irã com 0,04828849 kg PO₄-eq.; Nunes et al. (2017) apresentou para esta categoria contribuição de 0,760467 kg PO₄-eq. processando arroz parboilizado,

embora não tenha incluído no ICV algumas atividades específicas do seu beneficiamento. E sabendo que o PE abrange impactos relacionados aos níveis de macronutrientes como o azoto (N) e o fósforo (P) no ambiente (PITUCO et al., 2018). Seria mais razoável o trabalho de Nabavi-Pelesarai et al. (2019) possuir valores maiores que os deste estudo. Portanto há algo que foi desconsiderado no estudo do Irã, o que já foi visualizado nos inúmeros potenciais hídricos destacados anteriormente.

A oxidação fotoquímica ocorre através de reações de óxidos de nitrogênio, compostos orgânicos voláteis e luz solar, gerando reações complexas que resultam na produção de ozônio. Essa reação produz uma fumaça chamada de '*summer fog*' ou '*smog*', comum em grandes cidades, prejudicando a vegetação local e podendo causar problemas respiratórios (STRANDDORF et al., 2005).

A categoria Potencial Oxidação Fotoquímica - smog (POF) recebeu 0,2784 kg etileno-eq. do beneficiamento de arroz na UBGx - RS. Vale lembrar aqui que a unidade onde se realiza a secagem do grão tem a lenha como fonte de biomassa a ser transformada em calor para a torre de secagem dos grãos, ou seja, esta unidade tem um maior potencial em estar contribuindo para a oxidação fotoquímica no ambiente do que unidades que utilize, por exemplo, o gás natural ou a eletricidade. O que pode ser visto como um reflexo da modernização de máquinas e equipamentos.

Analisando os estudos de Nunes et al. (2017) a categoria POF apresentou 0,069757 kg de etileno-eq. como resultado do processamento de arroz parboilizado integral, utilizando eletricidade; Nabavi-Pelesarai et al. (2019) 0,0338327 kg de etileno-eq. para arroz branco, mas, utilizando gás natural como fonte geradora de energia para o processo. Pensando no processo, em sua totalidade, se houvesse secagem poderiam sim ter valores superiores. O trabalho de arroz parboilizado no qual o arroz é seco novamente deveria ter valores superiores ao deste trabalho. Novamente a maneira como os dados são delineados, bem como a modernidade em se falando de máquinas, implica em diferenças entre os dados finais.

A Potencial Destruição da Camada de Ozônio (PDCO), estudado pela World Meteorological Organisation, diz respeito a substâncias produzidas durante a realização de diferentes atividades, como o transporte e outras, que podem contribuir para a destruição da camada do ozono, em termos similares a categoria PAG (SILVA; ZAPPAROLI, 2016). Assim, processos que lancem para o meio ambiente tais

substâncias detém potencial para alterar o meio ambiente e isso foi verificado na ACV para o arroz branco, semelhante a industrialização de outros produtos.

A categoria PDCO recebeu, do beneficiamento para o produto analisado, contribuição de 0,00011 kg CFC-11-eq., em ACV realizada para subprodutos de peixe na fabricação de farinha e óleo, descrito por Silva (2014), obteve respectivamente 0,00011 e 0,000062 kg de CFC-11-eq. Em comparação ao trabalho do autor citado, verifica-se que na fase industrial do arroz o valor resultado é semelhante ao obtido por Silva (2014) realizando ACV para subproduto de peixe na fabricação de farinha, enquanto valor inferior nesta mesma categoria ao analisar o óleo e que ambas as contribuições foram advindas do transporte incluído no ICV dos estudos.

Os autores Ariyaratna; Siriwardhana e Danthurebandara (2016), a respeito do processamento de arroz, relatam que o potencial impactante da atividade está em primeiro lugar sobre o processo de parboilização e em segundo lugar vem o polimento do grão, e ainda segundo Roy et al. (2009) os impactos ambientais do beneficiamento são dependentes do tipo de arroz e embalagens utilizadas ou não.

Contudo, ao comparar resultados entre diferentes estudos, ainda que para um mesmo produto, é comum se deparar com valores diferentes, pois algumas escolhas como banco de dados, método e fronteira do sistema conforme Wo, Gong e Xiao (2020) influenciam na contribuição do processo analisado para que o software indique as potenciais categorias e suas respectivas pontuações, como afirmam Seó et al. (2017), Nunes et al. (2017) e Roy et al. (2009).

Ainda sobre comparação entre estudos de ACV, os impactos ambientais dependem do tipo do produto e nível de processamento - parboilizado ou branco segundo Nunes et al. (2017). Enquanto Cherubini et al. (2018) e Cruz (2018) relatam diferentes resultados entre tipos de alocação, e, portanto, da operação de software. E, na presente pesquisa foi verificada a influência pelo delineamento do ICV ao comparar resultados obtidos neste estudo com estudos voltados para o mesmo grão aplicando a mesma metodologia.

O que não difere entre os trabalhos comparados a este estudo são as contribuições do processo de beneficiamento para as categorias que sempre se repetem, o que segue testificando a atividade de beneficiamento como uma atividade potencialmente impactante. Assim, podemos afirmar que esta pesquisa se encontra alinhada a outros estudos, realizados dentro e fora do Brasil, tanto em aplicação de metodologia quanto em quantificação de categorias e, portanto, tem potencial para

contribuir com estudos futuros de Impactos Ambientais voltados para a indústria alimentícia no Rio Grande do Sul.

5.2.1 Contribuições das atividades para quantificação das categorias analisadas

Das atividades que contribuíram para quantificação das categorias são apresentadas (Figura 14 e Figura 15), segundo modelagem do software, quanto a aquisição de energia, para Área 1, Área 2 e Área 3. Analisando a influência de cada categoria de impacto, dentro das áreas, constata-se, na Figura 14 com os sete maiores potenciais de alterações, a Área 1 com maior influência na quantificação dos impactos comparada as áreas de descasque e empacotamento.

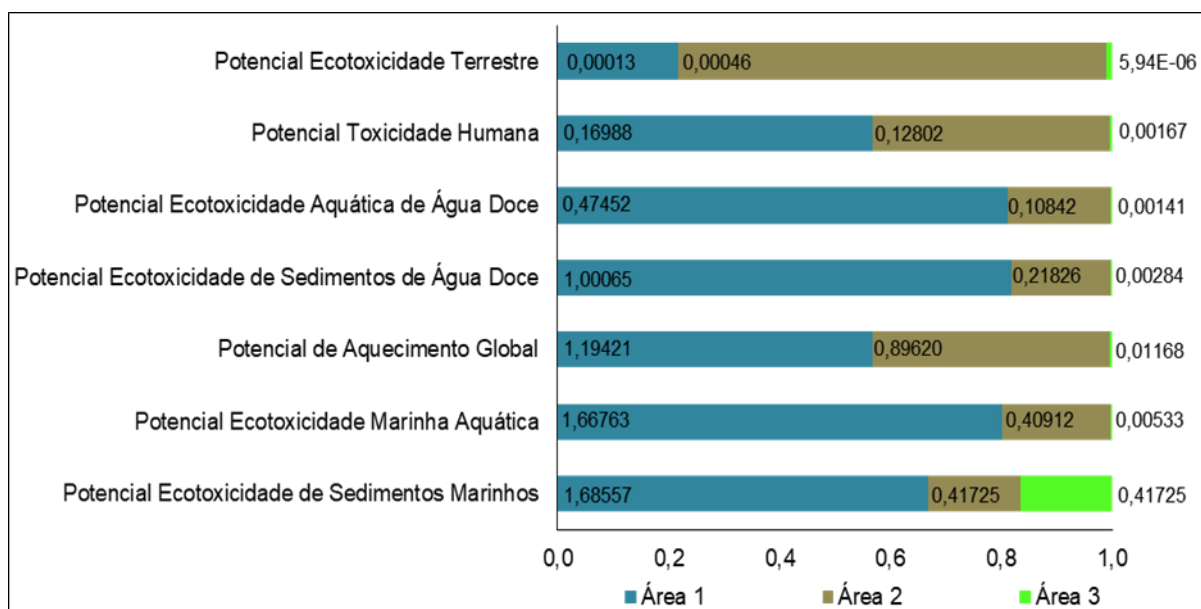


Figura 14 - Contribuição da aquisição de energia para pontuação das categorias de impactos mais impactantes no processamento do arroz branco (0 menor contribuição a 1 maior contribuição).

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Analisando o consumo de energia, foi verificada maior influência da sua aquisição para pontuação do Potencial Ecotoxicidade de Água e Sedimentos Marinhos com 1,66763 e 1,68557 kg 1,4-DCB-Eq. respectivamente na Área 1 (Figura 14), também verifica-se que é na Área 3 onde ocorre menor demanda por este insumo.

Na Figura 15, observa-se as categorias que tiveram os menores impactos, e entre estas destaca-se a Área 2 sendo o setor de maior consumo.

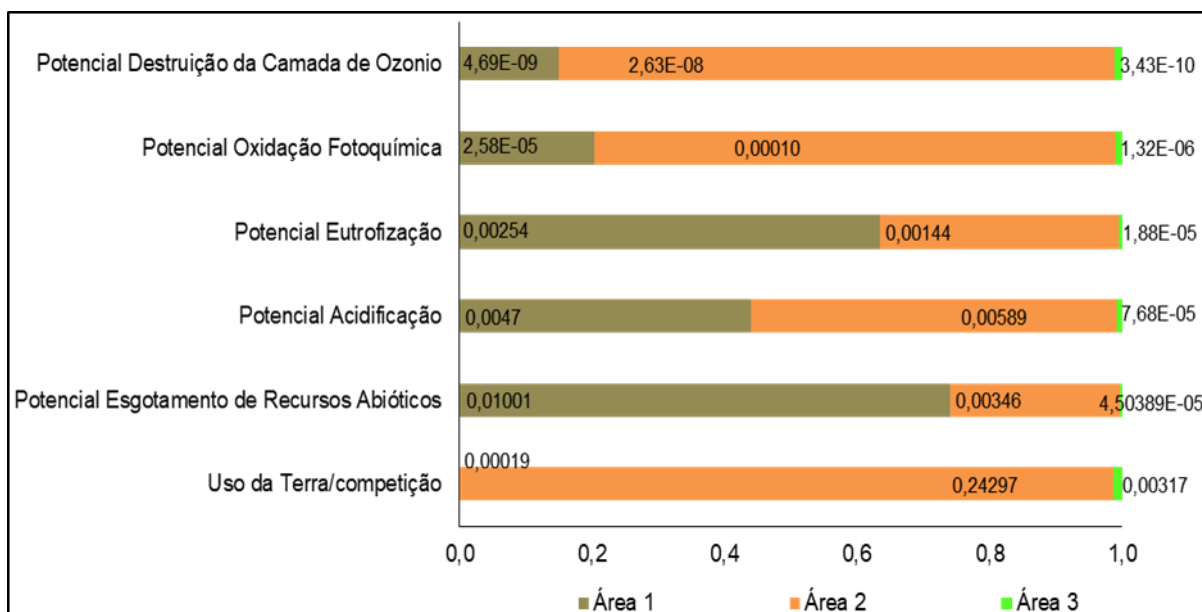


Figura 15 - Contribuição da aquisição de energia para pontuação das categorias de impactos menos impactantes no processamento do arroz branco (0 menor contribuição a 1 maior contribuição).
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Ainda na Figura 15, é possível perceber que no geral, os valores de contribuição da aquisição de energia, nas três áreas, são pequenos e, ainda menores quando comparados entre as áreas, sendo possível afirmar que a Área 3 segue sendo o setor de menor consumo também entre as categorias com menores contribuições de impacto.

Vale destacar que os resultados não foram submetidos a arredondamento ou qualquer tipo de ajuste, e que estão sendo apresentados separados dos valores de outras atividades/consumo para uma melhor visualização (Figura 14 e Figura 15).

No entanto, isso não significa que valores muito pequenos foram desconsiderados na ACV do arroz, o que foi verificado foi a não contribuição da demanda por água para o funcionamento de um tipo de máquina comparado a demanda por energia que apesar de contribuir com valores pequenos trata-se de um insumo vital do início ao fim do processo, necessário para o funcionamento de todas as máquinas na UBGx.

Diferentemente do consumo de energia, o consumo de água quantificado e modelado dentro do software, cujo volume consumido de 2% do peso de grãos que passa no polidor, não contribuiu para pontuação de nenhuma das categorias do método CML 2001 e, algo semelhante foi relatado por Silva (2014) ao apresentar a não contribuição da atividade transporte, presente no ICV de sua pesquisa, para

nenhuma das categorias analisadas pelo autor como foi constatado nesta pesquisa para a atividade consumo de água.

Quanto ao uso de eletricidade e eficiência energética, Levin (2018) afirma que serão necessários investimentos em fontes alternativas, para conversão em eletricidade, e que estas fontes representem de 70 a 80% do consumo desse recurso, para que dessa forma, até 2050, o Potencial de Aquecimento Global seja limitado. Com isso, a de se esperar que a influência que esta categoria exerce sobre outras, segundo Frischknecht et al. (2016), resulte em potencial diminuição como efeitos positivos também sobre a saúde humana e biodiversidade como um todo.

Semelhante ao que se verifica na Figura 14 vê-se na Figura 15, a Área 3 com menor potencial impactante para as 13 potenciais alterações. Diferente do que se verifica na Figura 14, vê-se na Figura 15, a Área 2 recebendo maior influência da energia e consequentemente contribuindo mais intensamente na quantificação e pontuação das categorias estudadas. Logo, o resultado destas contribuições na UBGx indica realmente um elevado consumo de energia em resposta às atividades agrupadas nas três áreas, em especial a Área 2.

Analisando o consumo de energia, de janeiro a dezembro de 2019 (Tabela 12), constata-se que este resultado corrobora com o Inventário de máquinas e equipamentos da UBGx por área e, de fato, é na Área 2 onde ocorre maior demanda por este insumo.

Tabela 12 - Consumo de energia por área de estudo em kWh, de janeiro a dezembro de 2019.

Meses	Área 1 (kWh)	Área 2 (kWh)	Área 3 (kWh)
Janeiro	22.478,05	280.971,72	4.695,19
Fevereiro	33.717,08	294.493,03	4.695,19
Março	36.928,23	281.106,98	8.496,06
Abril	27.294,78	240.948,84	4.248,03
Maio	36.928,23	307.879,07	10.284,71
Junho	25.689,20	214.176,75	3.577,29
Julho	36.928,23	281.106,98	4.695,19
Agosto	30.505,93	267.720,93	5.142,35
Setembro	33.717,08	321.265,12	9.837,54
Outubro	38.533,81	348.037,21	11.626,19
Novembro	38.533,81	334.651,17	10.731,87
Dezembro	30.505,93	240.948,84	3.353,71
Total (2019)	391.760,37	3.413.306,65	81.383,32

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

O elevado consumo na Área 2 (Tabela 12) ocorre em resposta ao maior número de máquinas e equipamentos agrupados nesta (Tabela 8) em relação às demais

áreas. Para amenizar a demanda desse insumo na empresa sugere-se a utilização de energia fotovoltaica, sendo esta, eficiente e econômica a longo prazo conforme Nabavi-Pelesarai et al. (2019). Além disso, não é novidade que a casca de arroz, biomassa dessa cultura, pode ser empregada como fonte renovável e econômica, a qual segundo Quispe et al. (2017) detém poder calorífico de 3,05 - 4,25 kWh kg⁻¹ de casca.

O não uso da casca pela UBGx foi justificado, quanto a logística ineficiente para sua utilização, no entanto, há na região o uso da casca como energia térmica para fornalhas de secadores ou para caldeiras de vapor. O que nesta unidade não há nenhuma dessas demandas.

Para se colocar energia no sistema de distribuição, por meio de uma usina térmica, seria uma alternativa, no entanto, a relação custo-benefício por ser uma empresa de médio porte seria a associação com outras empresas, o que informalmente a associação de indústrias tem realizado com municípios da região. Nesse sentido, o uso da biomassa, como medida de gerenciamento do seu resíduo mais volumoso, poderia diminuir o consumo de energia tanto na Área 2, sendo convertida em energia termelétrica, quanto na Área 1 para limpeza e secagem dos grãos. Amenizando, desta forma, a demanda por este insumo de elevado consumo no processo estudado.

Entre as atividades do beneficiamento de arroz foram verificadas as que contribuíram mais intensamente e em qual área do beneficiamento ocorreu maior número de entradas/consumo para o processo estudado (Figura 16).

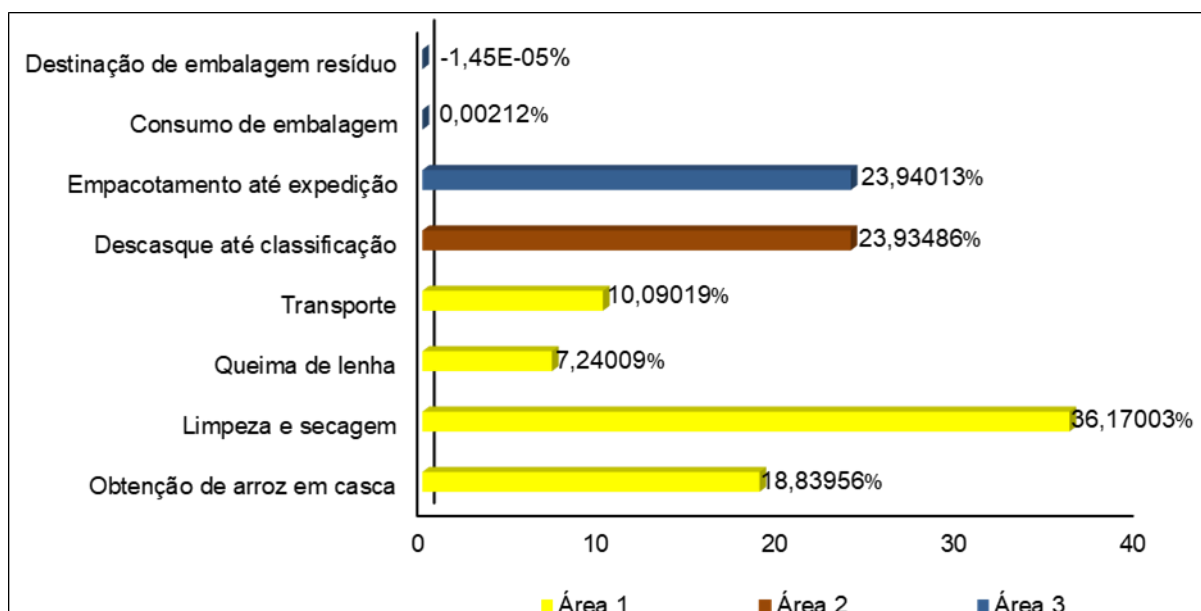


Figura 16 - Atividades que contribuíram para pontuação das categorias (%), aqui o Uso da Terra - competição (UT).

Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Durante o delineamento dos dados cada categoria recebeu uma porcentagem de contribuição das atividades (Figura 16) até serem convertidas em pontuações referentes a elementos que as caracterizam, assim como o apresentado na Tabela 6.

Do processo como um todo, semelhante ao declarado por Silva (2014) ao afirmar que os impactos ambientais da atividade industrial obtiveram 100% de contribuição para todas as categorias, o mesmo foi verificado para o beneficiamento de arroz nesta pesquisa.

Em resposta ao potencial de 100% de contribuição do processo foi constatado que as atividades são igualmente potenciais contribuintes para as categorias e que independentemente de sua pontuação total, se 1.506,8 kg 1,4DBC-eq. para PESM a categoria de maior potencial impactante ou de 0,00011 kg CFC-11-eq. para PDCO a categoria de menor potencial impactante, porém não de menor importância, as porcentagens de contribuição das atividades para o processo são equivalentes à sua pontuação total e por isso a estética do gráfico não apresenta grandes variações.

A maior contribuição foi do agrupamento de atividades na Área 1 (Figura 16), desde o recebimento até a secagem, para a segunda maior contribuição devido ao

agrupamento de atividades realizadas na Área 3 e, por fim, a menor contribuição para a Área 2, esta que detém menor potencial impactante. Sendo essas contribuições verificadas para a categoria Uso da Terra - competição (UT) visto que são atividades especificamente realizadas na indústria UBGx.

A análise das atividades é análoga para as demais categorias de impacto do método utilizado, com isso sugere-se uma maior transparência das indústrias para a construção de um banco de dados voltado à orizicultura, principalmente com padrões de emissões de toda a cadeia produtiva do arroz tal como sugerido por WBCSD (2016) em sua pesquisa.

Dito isto, a declaração de produto ambientalmente - *Environmental Product Declaration* (EPD) pode ser uma iniciativa certa em direção à sustentabilidade no setor industrial (CRUZ, 2018). Isto com base na ferramenta ACV cuja análise mais aprofundada fornece resultados para auxiliar na tomada de decisão quanto a substituição e maior clareza quanto a utilização de materiais envolvidos no beneficiamento, bem como informações sobre quão potencialmente impactante pode ser uma determinada categoria de impacto e de antemão adotar medidas mais intensas quanto necessárias para minimizar alterações dentro das categorias já quantificadas. Com isso, dando um passo a mais em direção a junção da Gestão Ambiental com a Gestão Empresarial.

Em todas as categorias de impacto, o maior potencial impactante, está na Área 1, no entanto, foi identificado contribuição de atividades a montante do beneficiamento do grão. Como exemplo a obtenção de arroz em casca, esta que forneceu uma contribuição de 18,83956% para a área, um encargo advindo do campo, mas que pontuou entre as atividades pós-colheita na indústria.

Na atividade transporte, com 10,09019% de contribuição para o processo, o elemento que mais pontuou foi o NOx, produzido devido a queima de combustível (CIVIT; ARENA; ALLENDE, 2012). Como sugestão para sua diminuição, sugere-se que as atividades de secagem e descasque sejam realizadas em um mesmo local, como já mencionado anteriormente, para que a necessidade de transporte da matéria prima, dentro da indústria, deixe de fazer parte da industrialização do grão de arroz na UBGx.

Sobre o consumo de embalagens, e a geração de embalagens resíduos, foi constatado que o empacotamento é feito de forma eficiente e os resíduos destinados

adequadamente. O que resultou em um valor negativo, ou seja, de forma positiva o ambiente não recebe esta contribuição.

Por último, a interpretação foi para apresentar qual área do beneficiamento (Figura 17) se mostrou mais impactante em relação às categorias quantificadas.

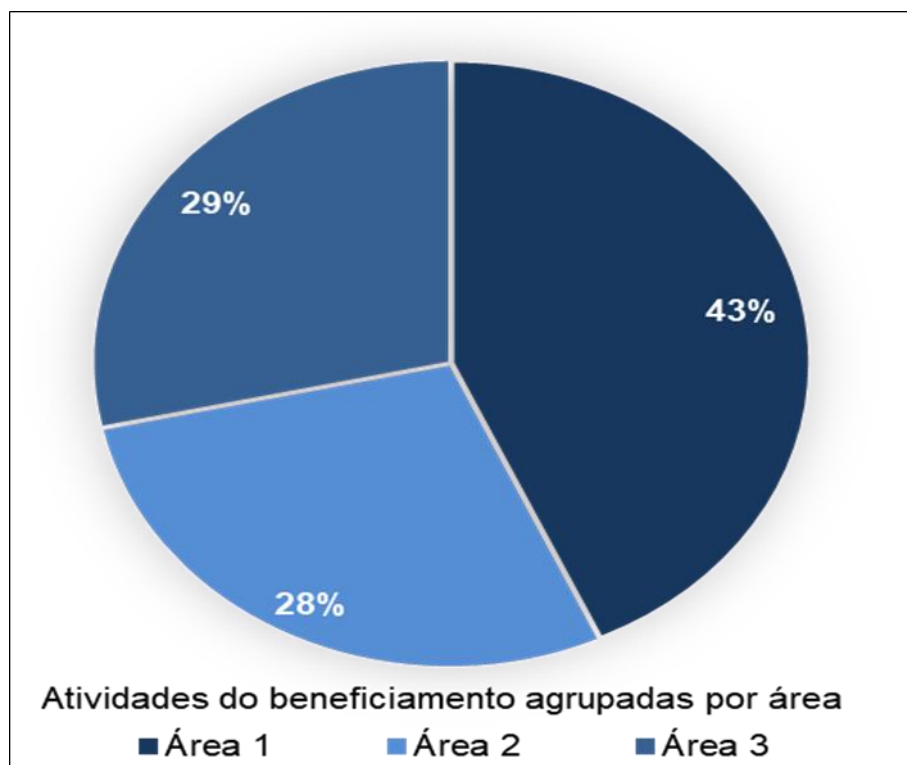


Figura 17 - Potencial poluidor do beneficiamento do arroz branco por área em porcentagem (%).
Fonte: Elaborado pelo autor (2021).

Na Figura 17, constata-se que a Área 1 é o setor que mais influencia a quantificação das categorias de impactos, onde se concentra o maior potencial poluidor ambiental, com aproximadamente 15% a mais que a Área 2 e 14% em relação a Área 3. Esperando ter o maior potencial poluidor sobre a área com maior número de saídas, tendo em vista resíduos (CIROTH et al., 2019). A hipótese declarada nesta pesquisa foi rejeitada pois, embora o maior número de saídas esteja na Área 2, estas são em sua maioria subprodutos (Tabela 10) e apenas um resíduo.

Fica então caracterizada, mediante aplicação da ACV, a fase inicial do beneficiamento onde deve-se concentrar maior intensidade nas medidas mitigatórias dos estudos prévios de impactos ambientais bem como adaptações e ou mudanças nas UBGs que já se encontram operando, como por exemplo, incorporar o aproveitamento de resíduos ao processo industrial, que neste estudo é a utilização das cascas geradas.

6 CONCLUSÃO

Das entradas e saídas quantificadas para as atividades agrupadas na aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida do beneficiamento do arroz branco no Rio Grande do Sul-concluem-se que medidas de gerenciamento de resíduos devem ser aplicadas na Recepção (Área 1), a que apresenta maior número de entradas, segundo resultados da AICV, e no Processamento (Área 2) por ser o setor onde é gerado o maior volume de resíduo, as cascas de arroz.

Dos resíduos identificados e quantificados nas fases de processamento do grão, pode-se concluir que apesar do maior número de saídas de resíduo ocorrer na área da recepção (cinza e impurezas grosseiras) é no setor de processamento de fato onde corre o maior consumo de energia e a geração do resíduo mais volumoso e com elevado potencial de aproveitamento, porém não aproveitado pela unidade beneficiadora.

Sobre as treze categorias de impacto quantificadas, de abrangência local, regional e global, conclui-se que os potenciais impactos estão direcionados para o solo, água e ar. Tendo visto que o ciclo de vida da industrialização do grão forneceu 100% de contribuição para as categorias de impacto, conclui-se ainda que o processo é potencialmente impactante, desde o portão de entrada, na recepção, até o portão de saída, na expedição.

Por fim, como medida de gerenciamento a ser adotada, conclui-se que a união das áreas físicas, para secagem e descasque dos grãos, há de contribuir de forma positiva dentro do ciclo de vida do beneficiamento do arroz branco.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - **ANEEL**. Aprenda a calcular o consumo de seu aparelho e economize energia, cartilhas da Agência feitas para os consumidores e no site da ANEEL. 2015. Disponível em: www.aneel.gov.br. Acessado em: 23 dez. 2020.

ALENCAR, José Luciano Sobreira et al. Sistema de gestão ambiental e ISO 14000 na indústria têxtil: A sustentabilidade como tendência. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Digital**, [s. l.], v. 19, n. 2, p. 575-586, 2015. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/citations?user=wVNjk5QAAAAJ&hl=pt-BR&oi=sra>. Acesso em: 20 jun. 2020.

ALVES, Isaura Macêdo. **Avaliação energética e ambiental do ciclo de vida de um sistema de abastecimento de água**. 2018. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) - Centro Acadêmico do Agreste da Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/32590>. Acesso em: 19 jun. 2020.

ANDRADE, Mateus Dias et al. Analysis of destination of industrial solid waste in the state of Minas Gerais between the years of 2011 and 2016. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 8, n. 3, p.1-20, 2018. DOI: 10.33448/rsd-v8i3.855. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/855>. Acesso em: 18 fev. 2021.

ARAÚJO, Massilon J. **Fundamentos de Agronegócios**. 2. Ed. São Paulo: Editora Atlas S. A., 2005. Disponível em: <http://catagronegocio.weebly.com/uploads/1/1/7/3/11739052/39500879-fundamentos-de-agronegocios.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2020.

ARIYARATHNA, Suseema; SIRIWARDHANA, Nalin; DANTHUREBANDARA, Maheshi. Life cycle assessment of rice processing in Sri Lanka: Modern and conventional processing. **IEEE Xplore**. v. 1, n. 1, p. 297-302, 2016. DOI: 978-1-5090-0645-8/16/\$31.00 ©2016. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7480157>. Acesso em: 10 fev. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 14040**: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 14041**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Definição de objetivo e escopo e análise de inventário. Brasil, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 14042**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Avaliação do impacto do ciclo de vida. Brasil, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 14043**: Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Interpretação do ciclo de vida, Brasil, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 14044:** Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Brasil, 2009.

ASSOCIAÇÃO GAÚCHA DE EMPRESAS FLORESTAIS - **AGEFLOR**. A Indústria de Base Florestal no Rio Grande do Sul. Disponível em: <http://www.ageflor.com.br/noticias/wpcontent/uploads/2016/09/AGEFLOR-DADOS-E-FATOS-2016.pdf/>. Acesso em: 07 nov. 2020.

BACK, Álvaro José; JUST, Márcio Carlos. Consumo de água em lavouras de arroz irrigadas em sistema coletivo. **Tecnologia e Ambiente**, v. 24, n. 1, p. 133-145, 2018. Criciúma, Santa Catarina/SC. DOI: <http://dx.doi.org/10.18616/ta.v24i0.4311>. Disponível em: <http://periodicos.unesc.net/tecnoambiente/article/view/4311>. Acesso em: 05 set. 2020.

BARATA, Tiago Sarmiento. **Caracterização do consumo de arroz no Brasil: Um estudo na Região Metropolitana de Porto Alegre**. 91f, 2005. Dissertação (Mestrado em Agronegócio). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (RS), 2005. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/7819>. Acesso em: 08 jan. 2019.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial**. 4ª Edição, São Paulo: Saraiva Educação SA, 2017.

BARBIERI, José Carlos. **Gestão Ambiental Empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 2ª edição atual e ampliada. São Paulo: Saraiva, 2007.

BARJOVEANU, George et al. A life cycle assessment study on the stabilization/solidification treatment processes for contaminated marine sediments. **Journal of Cleaner Production**, v. 201, n. 1, p. 391-402, 2018. Doi:10.1016/j.jclepro.2018.08.053. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618323874>. Acesso em 04 abr. 2021.

BERNARDO, Júlio Samuel Sávio; CAMAROTTO, João Alberto. Fatores motivadores da adoção de práticas ambientais em empresas paulistas processadoras de madeira. **Production**, v. 22, n. 1, p. 173-184, 2012. DOI: 10.1590/S0103-65132011005000061. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-65132012000100012&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em: 08 set. 2020.

BEZERRA, Juscelino Eudâmidas. Agronegócio e ideologia: contribuições teóricas. **Revista NERA**, Presidente Prudente, v. 12, n. 1, 14 p. 112-124, 2009. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/nera/article/view/1384>. Acesso em: 30 abr. 2020.

BILLAR, MAÍRA Miguel. **Análise do ciclo de vida de um sistema vertical de vedação com adição de cinza pesada**. 2016. 198 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/171442>. Acesso em 01 jul. 2021.

BORGES, Shara Regina dos Santos et al. Proposição de um modelo para a cadeia produtiva do arroz vermelho da Paraíba. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 14, n. 4, p. 353-362, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/277947626_PROPOSICAO_DE_UM_MODALITO_PARA_A_CADEIA_PRODUTIVA_DO_ARROZ_VERMELHO_DA_PARAIBA. Acesso em: 05 mar. 2020.

BRAGA, Tiago. Banco Nacional de Inventários do Ciclo de Vida (SICV Brasil). Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia. *In: SEMINÁRIO PROGRAMA BRASILEIRO DE AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA E AS POLÍTICAS PÚBLICAS NACIONAIS*, 03., 2015, Brasília. **Anais [...]**. Brasília - DF, 2015. Disponível em: <http://acv.ibict.br/documentos/apresentacoes/808-seminario-programa-brasileiro-de-avaliacao-do-ciclo-de-vida-e-as-politicas-publicas-nacionais/>. Acesso em: 03 jun. 2020.

BRASIL - **Constituição da República Federativa do Brasil - 1988.**

BRASIL - **Lei Complementar nº 139, de 10 de novembro de 2011.** Institui o estatuto nacional da microempresa e da empresa de pequeno porte. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/Lcp147.htm#art12. Acesso em: 21 set. 2020.

BRASIL - **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA.** Instrução normativa 2012. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=918108049>. Acesso em: 20 jul. 2020.

BRASIL. **Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA.** Resolução CONAMA nº 385, de 27 de dezembro de 2006. Estabelece procedimentos a serem adotados para o licenciamento ambiental de agroindústrias de pequeno porte e baixo potencial de impacto ambiental. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 29 dez. 2006. Disponível em: https://www.normasbrasil.com.br/norma/resolucao-385-2006_103451.html. Acesso em: 30 out. 2020.

BRENDLER, Eloi; BRANDLI, Luciana Londero. Integração do sistema de gestão ambiental no sistema de gestão de qualidade em uma indústria de confecções. **Gestão & Produção**, v. 18, n. 1, p. 27-40, 2011. Disponível em: <https://www.gestaoeproducao.com/archive>. Acesso em: 09 set. 2020.

CAMPOS, Marel Gonin. **Abordagem de ciclo de vida na avaliação de impactos ambientais no processamento primário OFFSHORE.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia ambiental). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <https://pantheon.ufrj.br/bitstream/11422/8946/1/monopoli10004757.pdf>. Acesso em: 29 out. 2020.

CIROTH, Andreas et al. **openLCA 1.10 Comprehensive User Manual.** 1. ed. Berlim. GreenDelta GmbH, Germany, 2020. Disponível em:

http://www.openlca.org/wp-content/uploads/2019/07/openLCA-1-9_User-Manual.pdf. Manual.pdf. Acesso em: 03 jun. 2020.

CIROTH, Andreas et al. **openLCA 1.9 Comprehensive User Manual**. 1. ed. Berlim. GreenDelta GmbH, Germany, 2019. Disponível em: http://www.openlca.org/wp-content/uploads/2019/07/openLCA-1-9_User-Manual.pdf. Acesso em: 02 fev. 2019.

CIVIT, Bárbara; ARENA, Alejandro Pablo; ALLENDE, David. Determination of regional acidification factors for Argentina. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 19, n. 9, p. 1632-1642, 2012. DOI 10.1007/s11367-012-0427-6. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-012-0427-6>. Acesso em: 01 fev. 2021.

COLOMBO, Giuseppe (org.). **Manuale dell'ingegnere: Matematica, topografia, estimo. Fisica applicata. Materiali e loro proprietà. Scienza delle costruzioni. Ingegneria edile**. Ed. Hoepli (in Italian) Milan, 2003. 1142 p. ISBN 8820314304. E-book. Disponível em: <https://www.dimanooinmano.it/en/cp153506/manualistica/manualistica-hoepli/nuovo-colombo-manuale-dell-ingegnere-81esima-edizione-volumi-2>. Acessado em: 23 dez. 2020.

COMISSÃO NACIONAL DE ATIVIDADES ECONÔMICAS - **CNAE. 2010**. Classificação Nacional de Atividades Econômicas. SUBCLASSES - Versão 2.1. 2010. Disponível em: <http://subcomissaoacnae.fazenda.pr.gov.br/UserFiles/File/CNAE/CNAE%202.1%20Subclasses%20Notas%20Explicativas.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - **CONAB**. Perspectivas para a agropecuária, v. 7, 54f. 2018. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/perspectivas-para-a-agropecuaria>. Acesso em: 10 fev. 2019.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - **CONAB**. **Safra 2018/19**. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 6, n. 7, 119f. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 08 set. 2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - **CONAB**. **Safra 2019/20**. Acompanhamento da safra brasileira - SAFRA 2019/20 - v. 6, n. 10. 73f, 2020. Décimo levantamento - Julho 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos>. Acesso em: 08 set. 2020.

CONCEIÇÃO, Josuan Ávila. **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**. 140 f, 2015. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio Grande (FURG), 2015. Disponível em: https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/trabalhoConclusao/viewTrabalhoConclusao.jsf?popup=true&id_trabalho=2425150. Acesso em: 10 fev. 2019.

CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - **CONSEMA. 372/2018**. Dos Empreendimentos e Atividades Licenciáveis. Disponível em:

http://www.barradoquarai.rs.gov.br/Secretaria_Meio_Ambiente/Legislacao/EST/372-2018-atividades-licenciaveis-compilada.pdf. Acesso em: 02 fev. 2020.

COSTA, Camila Carvalho. **O impacto das estratégias de sustentabilidade ambiental no desempenho de exportação da agroindústria brasileira: influência das capacidades organizacionais e ambiente institucional**. Rio de Janeiro, 2019. 196p. Tese (Doutorado em Administração de Empresas). Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/46080/46080.PDF>. Acesso em: 28 ago. 2020.

CRUZ, Igor Marin Magno da. **Impactos ambientais do ciclo de vida de cimentos de diferentes teores de adição produzidos no Brasil: análise probabilística**. 81 f, 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, (RS), 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/189241>. Acesso em: 24 fev. 2021.

DAL MORO, Janaína; ROSA, Claudia Severo; HOELZEL, Solange Cristina da Silva. Composição centesimal e ação antioxidante do farelo de arroz e seus benefícios à saúde. **Revista Disciplinarum Scientia**, Serié: Ciências da Saúde, Santa Maria. 2004. v. 4, n. 1, p. 33-44, 2004. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumS/article/view/866>. Acesso em: 15 dez. 2019.

DALGAARD, Randi et al. LCA of soybean meal. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 13, n. 3, p. 240-254, 2008. DOI <http://dx.doi.org/10.1065/lca2007.06.342>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1065/lca2007.06.342>. Acesso em: 10 jul. 2020.

DEL BORGHI, Adriana. LCA and communication: Environmental Product Declaration. **International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 18, n. 2, p. 293-295, 2013. DOI 10.1007/s11367-012-0513-9 Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257679924_LCA_and_communication_Environmental_Product_Declaration. Acesso em: 15 jul. 2020.

DIAS, Marcelo Fernandes Pacheco; PEDROZO, Eugenio Avila; ANICET, Cristina Nunes. Desafios e respostas inovadoras sustentáveis da agroindústria arroseira brasileira. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 4, n. 1, 2011. DOI: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2011v4n1p%25p>. Disponível em: <https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/1796>. Acesso em: 10 jul. 2020.

DIAZ, Marcelo Bortoluzzi, et al. Dynamics of the superficial fluxes over a flooded rice paddy in southern Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 276, n. 1, p. 1-14, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2019.107650> Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168192319302588>. Acesso em: 10 jul. 2020.

DRAGUETTI, Bárbara; LIMA, Vinicius Rios; RIOS, Alessandro de Oliveira. Avaliação do gasto energético nas etapas do beneficiamento do arroz branco. In: SALÃO INTERNACIONAL DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 06., 2014. Bagé. Anais

[...]. Bagé, 2014. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/67936>. Acesso em: 08 fev. 2019.

ELIAS, Moacir Cardoso; OLIVEIRA, Maurício; VANIER, Nathan Levien. **Tecnologias de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos**. Material didático. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, 2018. Disponível em: <http://labgraos.com.br/manager/uploads/arquivo/apostila---unidade-i---prova-i.pdf>. Acesso em: 07 set. 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - **EMBRAPA**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Visão 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira. Brasília, 212p. 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/visao-2030>. Acesso em: 06 dez. 2019.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - **EPE**. **Nota técnica DEA 15/14**: Inventário Energético de Resíduos Rurais. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-251/topico308/DEA%2015%20-%2014%20-%20%20Invent%C3%A1rio%20Energ%C3%A9tico%20de%20Res%C3%ADduos%20Rurais%5B1%5D.pdf>. Acesso em: 07 nov. 2020.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS PORTUGUESAS AGRO-ALIMENTARES - **FIPA**. **Boletim Informativo Nº 95**, de 01 de março de 2007. Disponível em: <http://www.fipa.pt/index.asp>. Acesso em 19 fev. 2021.

FERRAREZI, Jaqueline dos Santos; MRTVI, Valdete de Oliveira; WESTPHAL, Fernando Kaname. Sustentabilidade e responsabilidade social na construção civil: um estudo de caso na cidade de Londrina. **Organizações e Sustentabilidade**, v. 3, n. 1, p. 79-108, 2015. DOI: 10.5433/2318-9223.2015v3n1p79. Disponível em: <http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/ros/index>. Acesso em: 09 set. 2020.

FERREIRA, Marcelo. **O Arroio São Lourenço e a produção de arroz: elementos para o debate de gestão hídrica e desenvolvimento rural**. 2018. 127f. Trabalho de conclusão de curso (em Desenvolvimento Rural). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/183307>. Acesso em: 03 mar. 2019.

FOLETTTO, Edson Luiz et al. Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. **Química Nova**, Santa Maria, v. 28, n. 6, p.1055-1060, 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000600021. Acesso em: 22 fev. 2021.

FREITAS, Fernando Antônio Lopes. **Diferenciação de trabalhadores em uma empresa industrial de beneficiamento de arroz no Rio Grande do Sul: Entre a rigidez e a flexibilidade**. 127f, 2014. Dissertação (Mestrado em Sociologia). Universidade Federal de Pelotas - RS, 2014. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/ppgs/files/2015/03/FREITAS-Fernando-2014-Disserta%C3%A7%C3%A3o-FINAL.pdf>. Acesso em: 07 jul. 2019.

FRISCHKNECHT, Rolf et al. Global guidance on environmental life cycle impact assessment indicators: progress and case study. **Springer**, v.21, n.3, p. 429-442. 2016. DOI 10.1007/s11367-015-1025-1. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11367-015-1025-1>. Acesso em: 08 mar. 2020.

FUSI, Alessandra et al. Environmental profile of paddy rice cultivation with different straw management. **Science of the total environment**, v. 494, p. 119-128, 2014. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2014.06.126. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969714009991>. Acesso em: 10 set. 2020.

GALINDRO, Bruno Menezes et al. Making use of life cycle assessment and environmental product declarations: A survey with practitioners. **Journal of Industrial Ecology**, v. 24, n. 1, p.1-11, 2020. DOI: 10.1111/jiec.13007. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/toc/15309290/2020/24/1>. Acesso em: 20 mai. 2020.

GERLING, Cynthia et al. **Manual de ecossistemas marinhos e costeiros para educadores**. Santos, SP: Editora Comunicar, 2016. Disponível em: <https://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/ManualEcossistemasMarinhoseCosteiros3.pdf>. Acesso em 20 de jun. 2021.

GOMES, Algenor da Silva; PETRINI, José Alberto; SCIVITTARO, Walkyria Bueno. **Irrigação e Drenagem**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/arroz/arvore/CONT000fojvokod02wyiv80bhgp5p9cxb3rg.html>. Acesso em: 10 set. 2020.

SILVA, Helena Caetano Gonçalves; COSTA, Jaquelin Barbosa. Intoxicação exógena: casos no estado de Santa Catarina no período de 2011 a 2015. **Arquivos catarinenses de medicina**, v. 47, n. 3, p. 02-15, 2018. Disponível em: <http://www.acm.org.br/acm/seer/index.php/arquivos/article/view/226>. Acesso em 25 de jun. 2021.

GUERCI, Matteo et al. Parameters affecting the environmental impact of a range of dairy farming systems in Denmark, Germany and Italy. **Journal of cleaner production**, v. 54, n. 1, p. 133-141, 2013. Doi:10.1016/j.jclepro.2013.04.035. Acesso em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652613002795>. Acesso em: 13 ago. 2020.

GUINÉE, Jeroen et al. **Life cycle assessment: An operational guide to the ISO standards; Parts 1 and 2, 2001**. Ministry of Housing, Spatial Planning and Environment (VROM) and Centre of Environmental Science (CML), Den Haag and Leiden, The Netherlands. Disponível em: <https://scholar.google.com/citations?user=tcM7WaQAAAAJ&hl=pt-PT&oi=sra>. Acesso em: 03 mar. 2019.

HAUSCHILD, Michael; ROSENBAUM, Ralph; OLSEN, Stig. **Life Cycle Assessment: Theory and practice**. Switzerland: Springer International Publishing AG, 2018. 1215 p. ISBN 978-3-319-56475-3.

HRDLICKA, Hermann Atila. **As boas práticas de gestão ambiental e a influência no desempenho exportador: um estudo sobre as grandes empresas exportadoras brasileiras**. Tese (Doutorado em Administração). Universidade Federal de São Paulo, 2009, 283f. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/12/12139/tde-11092009-102253/pt-br.php>. Acesso em: 03 jun. 2019.

INÁCIO, Ronaldo Martiniano. **Panorama da utilização de resíduos do beneficiamento do arroz para a geração de energia no Brasil e formas de aplicação**. 98f, 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia de Biocombustíveis e Petroquímica). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <http://186.202.79.107/download/residuos-do-beneficiamento-do-arroz-para-a-geracao-de-energia-no-brasil.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2020.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **IBGE. 2016**. Monitoramento da cobertura e uso de terra no Brasil. Contas Físicas de Cobertura e Uso da Terra e Matriz de Mudanças. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101469.pdf>. Acesso em: 06 dez. 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **IBGE. 2016**. 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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - **IBGE. 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.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA - **IBICT. 2015**. 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.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - **IPEA. 2016**. Governança Ambiental no Brasil: Instituições, atores e políticas públicas. Brasília - IPEA, 2016. 352 p. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=2819. Acesso em: 17 jun. 2019.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - **IRGA. 2019**. Boletim de resultados da lavoura de arroz safra 2018/19. 2019. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/inicial>. Acesso em: 11 jan. 2020.

INSTITUTO RIO GRANDENSE DO ARROZ - **IRGA. 2020**. 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.

INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ - **IRGA. 2020**. Arroz, área x produtividade, 2020. Disponível em: <https://irgaadmin.rs.gov.br/upload/arquivos/202001/24151001-arroz-rs-area-xprodutividade.pdf>. Acessado em: 20 set. 2020.

INTERNATIONAL ORGANISATION FOR STANDARDISATION - **ISO (2002)**: ISO/TS 14048: Environmental management - Life cycle assessment - Data documentation format. International Organisation for Standardisation (ISO), Geneve. Disponível em: https://www.techstreet.com/standards/iso-ts-14048-2002?product_id=959659#product. Acesso em: 29 out. 2020.

IRIBARREN, Diego; MOREIRA, Maria T.; FEIJOO, Gumersindo. Life cycle assessment of aquaculture feed and application to the turbot sector. **International Journal of Environmental Research**. ISSN: 1735-6865, v. 6, n. 4, p. 837-848. 2012. Disponível em: <https://www.sid.ir/en/journal/ViewPaper.aspx?ID=368987>. Acesso em 15 jun. 2021.

KAYSER, Victor Hugo et al. Beneficiamento do arroz no Rio Grande do Sul em 2016. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre/RS, v. 65, n. 469, p. 43-45. 2017. Disponível em: https://issuu.com/lavouraarrozeira/docs/revista_lavoura_arrozeira_469_site. Acesso em: 09 dez. 2019.

KLEIN, Jefferson. **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.

LAARAIFI, Amal et al. Impact of the ISO 14001 Certification on the Environmental Performance: Case Study of Two Moroccan Companies. **International Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 2, n. 4, p. 43-48, 2017. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Impact-of-the-ISO-14001-Certification-on-the-Case-Laaraifi-M.Aouane/55d154774186d7a15f26d073779df10a7d50c139#related-papers>. Acesso em: 15 jul. 2020.

LIM, Jeng Shiun 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.051>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032112001451?via%3Dihub>. Acesso em: 13 abr. 2020.

LUDWIG, Vanelli Salati. **A agroindústria processadora de arroz: um estudo das principais características organizacionais e estratégicas das empresas líderes gaúchas**. Porto Alegre. 2004. 167f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/5938>. Acesso em: 28 ago. 2019.

MARQUES, Gisele Dias. Estudo de caso: as responsabilidades ambientais de empresas de beneficiamento de arroz da cidade de Itaquí-RS. **NUCLEUS**, Revista da Fundação Educacional de Ituverava, v.7, n. 2, p. 83-94, 2010. DOI: <https://doi.org/10.3738/nucleus.v7i2.393>. Disponível em: <http://www.nucleus.feituverava.com.br/index.php/nucleus/article/view/393>. Acesso em: 18 jan. 2020.

MARTIGNAGO, Mireli; JORGE, Gislaine Scotti. Gestão Ambiental nas agroindústrias no município de Lauro Muller - SC. **Tecnologia e Ambiente**, Criciúma - SC, v.20, n.1, p. 12-22. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.18616/ta.v20i0.1557>. Disponível em: <http://periodicos.unesc.net/tecnoambiente/article/view/1557>. Acesso em: 15 dez. 2019.

MEDEIROS, Larissa Mendes; DURANTE, Luciane Cleonice; CALLEJAS, Ivan Júlio Apolonio. Contribution of life cycle assessment to the quantification of the environmental impacts of construction systems. **Ambiente Construído**, v. 18, n. 2, p. 365-385, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000200259>. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ac/v18n2/1678-8621-ac-18-02-0365.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2020.

MENDES, Natalia Crespo. **Métodos e modelos de caracterização para avaliação de impacto do ciclo de vida: análise e subsídios para a aplicação no Brasil**. 149 f. 2013. Dissertação (em Engenharia de Produção). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade São Paulo, São Carlos, 2013. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-15102013-085143/en.php>. Acesso em: 11 mar. 2020.

MENDES, Natalia Crespo; BUENO, Cristiane; OMETTO, Aldo Roberto. Avaliação de impacto do ciclo de vida: revisão dos principais métodos. **Production**, Florianópolis - SC, v. 26, n.1, p. 160-175. 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-6513.153213>. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010365132015005010112&script=sci_arttext. Acesso em: 11 mar. 2020.

MENEZES, Valmir Gaedke et al. **Projeto 10 - estratégias de manejo para o aumento da produtividade e da sustentabilidade da lavoura de arroz irrigado do RS: avanços e novos desafios**. ISBN: 978-85-65970-00-6. Cachoeirinha: IRGA/Estação Experimental do Arroz, 2012. Disponível em: <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=INIA.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=034618>. Acesso em: 15 ago. 2020.

METZ, Lisiane Emilia Grams. Plano de gerenciamento de resíduos sólidos industriais. **Meio Ambiente Industrial**, São Paulo. v.18, p. 70-77, 2014. Disponível em: <http://rivesti.com.br/na-midia/revista-meio-ambiente-industrial/>. Acesso em: 19 fev. 2021.

MILMANN, M. j. et al. Equipamentos para pré-processamento de grãos. 2.ed. Pelotas: Gráfica Santa Cruz. 2014. 243p.

MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS - **MDIC**. 2020. Estatísticas de Comércio Exterior - Séries Históricas, 2020. Disponível em: <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/produtos-florestais-madeireiros-exportacao/429-metadados-2>. Acesso em: 29 nov. 2020.

MORAES, Lucas Candia Pereira. **Caracterização da cadeia produtiva e logística de arroz irrigado no estado do Tocantins**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Logística Agroindústria). Universidade de São Paulo-Escola de Agricultura Luiz de Queiroz, 2016. 20f. Disponível em: <https://esalqlog.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/2016/09/TN-Lucas-.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2019.

MORAES, Jorge Luiz Amaral. O papel dos Sistemas e Cadeias Agroalimentares e Agroindustriais na formação das aglomerações produtivas dos territórios rurais. **Revista do Desenvolvimento Regional**, v. 10, n. 1, p. 71-97, 2013. Disponível em: https://seer.faccat.br/index.php/coloquio/article/viewFile/10/pdf_5. Acesso em: 05 ago. 2020.

MONTEIRO, Marlene Azevedo Magalhães et al. Classificação do arroz (*Oryza sativa* L.) utilizado em restaurantes do município de Belo Horizonte-MG. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, n. 1, p. 01-05, 2016. DOI:<http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.0415>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/CtLXmzfsgd3CMzjSV3M46tp/?format=html>. Acesso em: 08 mai. 2020.

NABAVI-PELESARAEI, Ashkan 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.228>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619302227>. Acesso em: 17 set. 2020.

NASCIMENTO, Carlos Manoel Costa et al. Modelagem da oferta agregada de arroz no Brasil: uma abordagem para o período de 2007 a 2017. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana, Espanha**, v. 1, n. 1, p. 1-19. 2018. Disponível em: <https://ideas.repec.org/s/erv/observ5.html>. Acesso em: 15 abr. 2020.

NDAVA, Alex Orlando. **Análise dos contratos de integração entre produtores de arroz e a agroindústria Wanbao no perímetro irrigado do rio Limpopo em Moçambique**. 2019. 124 f. Dissertação (Mestrado em Agronegócio) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia. Disponível em: <http://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/9705>. Acesso em: 05 jun. 2020.

NUNES, Flávia Aparecida et al. Life Cycle Assessment comparison between brown parboiled rice produced under organic and minimal tillage cultivation systems. **Journal of Cleaner Production**, v. 161, n. 1, p. 95-104. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.098>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617310090>. Acesso em: 04 jun. 2020.

NUNES, Paulo Alexandre. Relação entre agropecuária, indústria e serviços na economia paranaense (2008). **Perspectiva Econômica**, v. 9, n. 2, p. 83-101, 2013. DOI: 10.4013/pe.2013.92.02. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274115942_Relacao_entre_agropecuaria_industria_e_servicos_na_economia_paranaense_2008. Acesso em: 10 jun. 2020.

OLIVEIRA, Erika Tatiane de. **Avaliação do impacto ambiental na produção das cédulas de cinquenta reais através da metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (ACV)**. 2017. 164f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) - Universidade Federal Fluminense, Niterói-RJ, 2017. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/4363/1/Dissert%20Erika%20Tatiane%20de%20Oliveira%20Queiroz.pdf>. Acesso em 01 jul. 2021.

OOSTERHOFF, Hendrik; KOOTWIJK, Wouter Van. *Obscure impacts demystified: Land use. Fact-based sustainability*. Amersfoort, Holanda, 2020. Disponível em: <https://pre-sustainability.com/articles/obscure-impacts-demystified-land-use/>. Acesso em: 03 mar. 2021.

PITUCO, Mateus Mestriner et al. Análise do potencial de eutrofização associado à operação de uma ETAR urbana. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE EMPREENDEDORISMO, ENERGIA, AMBIENTE E TECNOLOGIA: LIVRO DE ATAS, 03., 2017. Bragança. **Anais** [...]. Portugal: Instituto Politécnico de Bragança, 2017. Disponível em: https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/16010/1/CIEEMAT_Pituco%20et%20al_2017.pdf. Acesso em: 01 jul. 2021.

PSOMAS, Evangelos L.; FOTOPOULOS, Christos V.; KAFETZOPOULOS, Dimitrios P. Motives, difficulties and benefits in implementing the ISO 14001 Environmental Management System. **Management of Environmental Quality: An International Journal**, v. 22, n. 4, p. 502-521, 2011. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/14777831111136090/full/html>. Acesso em: 10 ago. 2020.

QUISPE, Isabel; NAVIA, Rodrigo; KAHHAT, Ramzy. Energy potential from rice husk through direct combustion and fast pyrolysis: a review. **Waste management**, v. 59, n.1 p. 200-210, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.10.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X16305517>. Acesso em: 16 abr. 2020.

RAAD, Túlio Jardim. **Simulação do processo de secagem e carbonização do Eucalyptus spp. 2004**. 114f. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

RAAD, Túlio Jardim; PINHEIRO, Paulo César da C.; YOSHIDA, Maria Irene. Equação geral de mecanismos cinéticos da carbonização do Eucalyptus spp. **Cerne**, v. 12, n. 2, p. 93-106, 2006. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/744/74412201.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2020.

RIOS, Eduardo; ROCHADELLI, Roberto; OLIVEIRA, Adriana Ferla. Consumo de Madeira para Secagem de Grãos no Município de Palotina-Safrá. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v. 5, n.1, p. 27-41, 2016. DOI: 10.5380/rber.v5i1.41790. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/rber/article/view/41790>. Acesso em: 07 nov. 2020.

ROCHA, Jefferson Marçal 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 - SP. **Anais [...]**. São Paulo - SP. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2010_TN_STO_121_788_16095.pdf. Acesso em: 07 de fev. 2019.

SAIDELLES, Ana Paula Fleig 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. DOI: <http://dx.doi.org/10.5902/223611704314>. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/index.php/reget/article/view/4314>. Acesso em: 28 dez. 2018.

SALA, Serenella; CIUFFO, Biagio; NIJKAMP, Peter. A systemic framework for sustainability assessment. **Ecological Economics**, v. 119, n. 1, p. 314-325, 2015. DOI 10.1016/j.ecolecon.2015.09.015. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800915003821>. Acesso em: 06 jul. 2021.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 553 p, 2ª edição 2013. ISBN 978-85-7975-090-8. Disponível em: <http://ofitexto.arquivos.s3.amazonaws.com/Avaliacao-de-impacto-ambiental-2ed-DEG.pdf>. Acesso em: 19 out. 2019.

SANTANA, Valquires Martins; SELLITTO, Miguel Afonso. O processo de encurtamento de uma cadeia produtiva de arroz: motivadores e implicações. **Revista Produção Online**, v. 20, n. 1, p. 95-118, 2020. Florianópolis - SC. DOI: 10.14488/1676-1901.v20i1.3259. Disponível em: <https://www.producaoonline.org.br/rpo/issue/view/86>. Acesso em: 07 set. 2020.

SANTOS, Isabel Oliveira; TAVARES, Marcelo. Eficiência técnica, alocativa e de custos na produção de arroz no Brasil. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Espanha, v. 1, n. 1, p 1-26, 2018. Disponível em: <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/10/producao-arroz-brasil.html>. Acesso em: 11 mai. 2020.

SANTOS, Ivonir Petrarca. **Estudo de caso da logística interna na identificação de perdas no processo de industrialização de arroz parboilizado**. Tese (Pós-graduação em Ciências e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal de Pelotas, 2016, 148f. Disponível em: http://dctaufpel.com.br/ppgcta/manager/uploads/documentos/teses/tese_dos_santos,_ivonir_petrarca-ilovepdf-compressed.pdf. Acesso em: 20 dez. 2018.

SEIDEL, Enio Júnior et al. Métodos estatísticos aplicados à avaliação da qualidade da matéria-prima e classificação dos fornecedores de uma indústria de laticínios. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia de Produção**, v. 11, n. 1, p. 03-28, 2011. DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v11i>. Disponível em: <https://producaoonline.org.br/rpo/article/view/372>. Acesso em: 22 dez. 2018.

SENAI, RSa. Implementação de programas de produção mais limpa. Porto Alegre: **Centro Nacional de Tecnologias Limpas**, 2003. Disponível em: <https://www.senairs.org.br/documentos/implementacao-de-programas-de-producao-mais-limpa>. Acesso em: 10 jul. 2020.

SEÓ, Hizumi Lua Sarti et al. Avaliação do Ciclo de Vida na bovinocultura leiteira e as oportunidades ao Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v.22, n.2, p.221-237, 2017. DOI: 10.1590/S1413-41522016149096. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-41522017000200221&script=sci_arttext&tlng=pt. Acesso em: 01 mar. 2021.

SHAFIE, Shafini Mohd, 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. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.06.031>. Disponível em: <https://www.journals.elsevier.com/renewable-and-sustainable-energy-reviews>. Acesso em: 04 abr. 2020.

SILVA, Catarina Raquel Basto Correia. **Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) de ingredientes aquícolas**. Dissertação (Mestrado em Ciências do Mar), Instituto de Ciências Biomédicas de Abel Salazar da Universidade do Porto, 2014, 119f. Disponível em: <https://repositorio.aberto.up.pt/bitstream/10216/78521/2/34602.pdf>. Acesso em 17abr. 2021.

SILVA, Diogo A. Lopes; MASONI, Paolo. **Diálogos Setoriais Brasil e União Europeia: análise crítica das principais políticas de gestão, manutenção e uso de bancos de dados internacionais de inventários do ciclo de vida de produto**. Brasília: IBICT, 2016. Disponível em: <https://acv.ibict.br/wp-content/uploads/2019/05/AN%c3%81LISE-CR%c3%8dTICA-DAS-PRINCIPAIS-POL%c3%8dTICAS-DE-GEST%c3%83O.pdf>. Acesso em: 06 jun. 2019.

SILVA, Jéssica Patrícia Bernardes; SOAREAS DA SILVA, Sabrina; MENDES, Raphaela da Silva. Gestão ambiental em empresas públicas e sociedades de economia mista do estado de Minas Gerais. **Revista Ciências Administrativas**, v. 23, n. 2, p. 247-261, 2017. DOI: 10.5020/2318-0722.23.2.247-261. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4756/475655253001.pdf>. Acesso em 02 set. 2020.

SILVA, Sidinei Silveiro; ZAPPAROLI, Irene Domenes. Gestão ambiental do Etanol Combustível do Grupo Santa Terezinha /Unidade Paranacity - Paraná - Brasil. **Revista Espacios**. v. 37, n. 37, p. 1-9, 2016. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a16v37n37/16373710.html>. Acesso em: 30 jan. 2021.

SIMON, Aline. et al. Ciclo de vida de arroz branco produzido no rio grande do sul. *In: ENCONTRO DOS GRUPOS PET DA REGIÃO SUL*, SULPET, 16., 2013, Rio

Grande. **Anais** [...]. Rio Grande, 2013. Disponível em: https://sulpet.furg.br/images/ebook_sulpet_2013.pdf. Acesso em: 15 jan. 2019.

SIMON, Marcos Antonio; WOLFF, Delmira Beatriz. Gestão ambiental em cooperativa agrícola. **Disciplinarum Scientia| Naturais e Tecnológicas**, v. 13, n. 1, p. 49-67, 2012. Doi: 10.37779/nt.v13i1.1293. Disponível em: <https://periodicos.ufn.edu.br/index.php/disciplinarumNT/article/view/1293>. Acesso em: 15 jan. 2020.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. Arroz Irrigado: Recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. *In*: REUNIÃO TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 199f. 2016. Bento Gonçalves, RS. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/30075939/recomendacoes-tecnicas-da-pesquisa-para-a-regiao-sul-do-brasil-sosbai>. Acesso em: 30 dez. 2018.

SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - **SOSBAI**. 2018. Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil. *In*: Reunião TÉCNICA DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 32., 205p. 2018, Farroupilha, RS. Disponível em: <http://www.sosbai.com.br/>. Acesso em 2020.

SOUZA, Débora Machado et al. Avaliação de aspectos e impactos ambientais: estudo de caso em uma indústria de beneficiamento de arroz no RS. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 28., 2015. Rio de Janeiro, RJ. **Anais** [...]. Rio de Janeiro, RJ, 2015. Disponível em: <http://abes.locaweb.com.br/XP/XP-EasyArtigos/Site/Uploads/Evento29/TrabalhosCompletoPDF/I-091.pdf>. Acesso em: 03 set. 2020.

STRANDDORF, Heidi K.; HOFFMANN, Leif; SCHMIDT, Anders. **LCA technical report: impact categories, normalization and weighting in LCA. Update on selected EDIP97-data**. FORCE Technology–Dk–TEKNIK. Dinamarca: Serietitel, 2003a. 2005. Disponível em: <https://lca-center.dk/wp-content/uploads/2015/08/LCA-technical-report-impact-categories-normalisation-and-weighting-in-LCA.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2021.

SUÁREZ, Darío Fernando Pineda; ROMÁN, Rodrigo Máximo Sánchez. Consumo de água em arroz irrigado por inundação em sistema de múltiplas entradas. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 78-95, 2016. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n1p78-95>. Disponível em: <http://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1765>. Acesso em: 05 set. 2020.

TEJERO, Ignacio Pablo Traversa; CANTARELLI, Rogério Bortolotto. Produção orizícola no município de São Gabriel, RS (Brasil). **Journal of the Selva Andina Biosphere**, v. 8, n. 2, p. 80-91, 2020. ID de artigo: 093/JSAB/2020. Disponível em: http://www.scielo.org/bo/pdf/jsab/v8n2/v8n2_a03.pdf. Acesso em: 23 ago. 2021.

VIEIRA, Denise dos Santos. Mapa de Localização do Município de Pelotas. 2020.

WALTER, Jaqueline Paula; ROSSATO, Marivane Vestena. 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, 06., 2010. Niterói. **Anais** [...]. Niterói, 2010. Disponível em: http://www.inovarse.org/sites/default/files/T10_0261_1040.pdf. Acesso em: 10 jan. 2019.

WENZEL, Henrik; HAUSCHILD, Michael Z.; ALTING, Leo. **Environmental Assessment of Products: Methodology, tools and case studies in product development**. London, Springer Science & Business Media, 543 p. 1ª edição 2000. ISBN 0-412-80800-5. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=fpKprwMQ0kC&printsec=frontcover&hl=pt-BR#v=onepage&q&f=false>. Acesso em: 13 jun. 2021.

ZANIN, Vanclei. Panorama geral da orizicultura brasileira. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 41, n.2, p51-66, 2013. Porto Alegre - RS. Disponível em: <https://revistas.fee.tche.br/index.php/indicadores>. Acesso em: 07 set. de 2020.