



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AMBIENTAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV) DAS ROLHAS
DE CORTIÇA NATURAL E TÉCNICA

SABRINA DE ALMEIDA SILVA

BELO HORIZONTE

2019

SABRINA DE ALMEIDA SILVA

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV) DAS ROLHAS
DE CORTIÇA NATURAL E TÉCNICA

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentada ao Centro Federal de Educação
Tecnológica de Minas Gerais como pré requisito
parcial ao título de Engenheira Ambiental e
Sanitarista.

Orientadora: Prof^a Dr^a Valéria Cristina Palmeira Zago

BELO HORIZONTE

2019

SABRINA DE ALMEIDA SILVA

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV) DAS ROLHAS
DE CORTIÇA NATURAL E TÉCNICA

Proposta de Trabalho de Conclusão de Curso II
apresentada ao Centro Federal de Educação
Tecnológica de Minas Gerais como pré requisito
parcial ao título de Engenheira Ambiental e
Sanitarista.

Data da aprovação: 02/12/2019

Banca Examinadora: Daniel Brianezi e Joel Lima

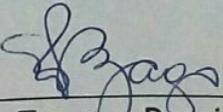
SABRINA DE ALMEIDA SILVA

AVALIAÇÃO COMPARATIVA DA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV)
DAS ROLHAS DE CORTIÇA NATURAL E TÉCNICA

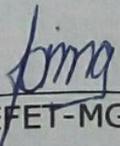
Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Centro Federal de
Educação Tecnológica de Minas Gerais
como requisito parcial para obtenção
do título de Engenheiro Ambiental e
Sanitarista.

Data de aprovação: 02/12/2019

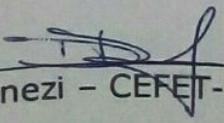
Banca Examinadora:



Prof^a. Dr^a. Valéria C. P. Zago - Presidente/Orientadora- CEFET-MG



Prof. Dr. Joel Lima - CEFET-MG



Prof. Dr. Daniel Brianezi - CEFET-MG

AGRADECIMENTOS

É incrível e muito satisfatório olhar para os últimos sete anos e constatar quanta evolução aconteceu na minha vida. Ao fim, parece que tudo faz sentido, e que desde o momento em que eu comecei a compreender o meu papel no mundo, eu aguardava por esse momento.

Agradeço à Deus pelo caminho que Ele escolheu para mim. Sei que todas as adversidades que passei contribuíram para que eu me tornasse a pessoa que sou hoje.

Agradeço aos meus professores do DCTA e também de outros departamentos, que compartilharam comigo seus ensinamentos e sempre estiveram disponíveis. Agradeço especialmente ao Joel Lima, que desde 2014 acompanha de perto minha carreira profissional e pessoal, me ensina, me orienta e me ajuda a crescer. Agradeço em especial também Valéria, Daniel, Fred e Arnaldo, que ao meu ver, vão muito além da profissão de professores. Obrigada!

Agradeço a meus tios, tias, primos e primas que ao longo desses anos acompanharam as minhas dificuldades e torceram a cada conquista. Agradeço aos meus pais Eliana e Francisco e também à minha irmã Samantha por trilharem tal caminho comigo e me apoiarem em todas as escolhas que fiz até aqui.

Agradeço ao CEFET e à Secretaria de Relações Internacionais (SRI) pela oportunidade de ter uma experiência internacional, com certeza uma das mais importantes da minha vida.

Gostaria de agradecer também à toda a equipe de Meio Ambiente da AngloGold Ashanti por todo o aprendizado no meu período de estágio. Jacque e Lu, vocês são incríveis e até hoje aplico o que aprendi com vocês. Muito obrigada!

Por fim, não poderia deixar de agradecer à TODOS os meus amigos do CEFET. Em especial, obrigada Ângela, Bruna, Daniel, Jéssica, Luiza, Matheus e Victor Gomes. Agradeço também às outras boas amizades construídas ao longo desses sete anos que deixaram o meu caminho mais leve. Eu com certeza não conseguiria sem vocês.

RESUMO

SILVA, Sabrina de Almeida. Avaliação comparativa da análise do ciclo de vida (ACV) das rolhas de cortiça natural e técnica. 2019 60f. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária) – Departamento de Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

A cortiça, extraída da árvore comumente denominada “Sobreiro”, é um material altamente versátil e as suas características físicas e químicas concedem à ela inúmeras aplicabilidades. Em Portugal, a exploração desse material é mais presente na indústria rolheira devido a produção de vinho. A rolha pode ser produzida através da extração da cortiça do meio natural ou ela pode ser feita de forma técnica, ou seja, utilizando algumas sobras da produção da rolha natural. Mesmo sendo um material natural e sustentável em muitos aspectos, a produção da rolha de cortiça apresenta em seus processos algumas etapas que podem gerar impactos ambientais relevantes ao meio ambiente, e precisa portanto, ser avaliado mais criteriosamente a fim de identificar quais são esses possíveis impactos, de modo a buscar reduzi-los. Sendo assim, esse trabalho fez essa avaliação, através da metodologia “Análise do Ciclo de Vida”, que considera todo o processo de fabricação da rolha, desde a extração da cortiça até a destinação final que é dada a rolha (do berço ao túmulo), fazendo uma estudo comparativo dos dois tipos de rolha (natural e técnica). Para a análise utilizou-se o software Simapro versão 5.2 que, mediante a identificação de insumos e processos inerentes à produção, gera ao final, resultados que ilustram a contribuição de cada etapa, em determinadas categorias de impacto ambiental, como eutrofização, toxicidade humana e aquecimento global. Verificou-se que, para a maior parte das categorias de impactos apresentada, a produção da rolha técnica gerou uma maior quantidade de impactos ambientais negativos, devido principalmente ao uso de mais produtos químicos em seu processo. Ressalta-se também que, atualmente, existem várias metodologias a serem aplicadas em um software de análise de ciclo de vida e que cada caso deve ser analisado pontualmente. Para trabalhos futuros, sugere-se a substituição de alguns compostos químicos ao longo do processo, a fim de identificar se haverá alteração nos impactos ambientais apresentados pelo software.

Palavras-chave: Rolha de cortiça. Análise de Ciclo de Vida. Impactos Ambientais.

ABSTRACT

Cork, extracted through cork oaks, is a highly versatile material and your physical and chemical characteristics give it numerous applicability. In Portugal, the exploration of this material is more present in the roller industry due to wine production in the country. Cork can be produced by extracting cork from the natural environment or it can be made technically, using some leftovers from the production of natural cork. Although it is a natural and sustainable material in many respects, the production of cork stoppers has some steps in their processes that can generate relevant environmental impacts on the environment, and therefore needs to be evaluated more carefully in order to identify these possible impacts. Thus, this Scientific study made this evaluation by applying the life-cycle analysis methodology, which evaluates the entire cork manufacturing process, from cork extraction to the final destination of the (from cradle to grave), making a comparative study of the two types of cork (natural and technical). This analysis was performed using Simapro software, which, by identifying processes and products inherent in production, generates some results that illustrate the contribution of each process step in certain environmental impact categories, such as eutrophication, human toxicity and global warming. It was realized that, for most of the impact categories presented, the production of the technical cork contributes more significantly to the impacts, mainly due to the use of more chemicals in its process. It is also emphasized that currently there are several methodologies to be applied in a life cycle analysis software and that each case must be analyzed on time. For future work, it is suggested to replace some chemical compounds throughout the process, in order to identify if there will be changes in the environmental impacts presented by the software.

Key-words: Cork Stopper. Life Cycle Analysis. Environmental impacts

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

A) FIGURAS

Figura 1. Sobreiro.....	13
Figura 2. Rolha de cortiça natural (esquerda) e técnica (direita).....	16
Figura 3. Extração da cortiça.....	17
Figura 4. Estabilização da cortiça.....	17
Figura 5. Cozedura Entradas e saídas mais comuns na ACV.....	18
Figura 6. Rabaneação	19
Figura 7. Pranchas após o processo de brocagem.....	20
Figura 8. Classificação das rolhas.....	21
Figura 9. Marcação das rolhas.....	22

B) GRÁFICOS

Gráfico 1. Uso de ACV nos últimos 35 anos.....	27
Gráfico 2. Comparação dos impactos rolha em cada uma das etapas.....	36
Gráfico 3. Impactos nas etapas de produção da rolha natural.....	38
Gráfico 4. Impactos nas etapas de produção da rolha técnica.....	38

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Etapas de produção da rolha natural.....	19
Quadro 2. Etapas de preparação da rolha técnica.....	20
Quadro 3. Categorias de Impacto Ambiental.....	23
Quadro 4. Estrutura da ACV.....	24
Quadro 5. Histórico da ACV.....	26
Quadro 6. Categorias de Impacto Ambiental.....	29
Quadro 7: Principais etapas da metodologia.....	32
Quadro 8. Características das rolhas.....	33
Quadro 9. Fronteiras do sistema	34

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
2. OBJETIVO.....	12
2.1 Objetivo Geral.....	12
2.2 Objetivo Específico.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1 Informações gerais sobre a cortiça.....	13
3.2. Obtenção e aplicabilidade	14
3.3 Etapas do processo para obtenção de rolhas.....	16
3.3.1 Gestão florestal	16
3.3.2 Preparação da cortiça.....	17
3.3.3 Produção das rolhas.....	17
3.3.4 Acabamento.....	20
3.3.5 Transporte.....	21
3.3.6 Fim de vida.....	21
3.4 Análise de ciclo de vida.....	21
3.5 Softwares de ACV.....	26
3.6 Simapro	27
4 METODOLOGIA	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
6 CONCLUSÃO.....	44
7. CONSIDERAÇÕES FUTURAS.....	45
REFERÊNCIAS.....	46
ANEXO A.....	50
ANEXO B.....	61

1. INTRODUÇÃO

O final do século XX presenciou algumas conferências importantes relacionadas ao meio ambiente, que começaram a causar uma maior percepção da sociedade acerca da relevância dos cuidados com a sustentabilidade dos processos, dentre elas a Conferência de Estocolmo em 1972, que contrapôs as realidades dos países desenvolvidos e em desenvolvimento, todas na busca de uma visão abrangente em busca da melhoria dos processos em prol de um mundo mais sustentável. Ou grande evento foi a Rio 92 ou Eco 92, que teve a presença de 170 países, várias Organizações Não-Governamentais (ONG's) e contou com a assinatura de vários documentos que visavam a modificação do modelo de consumo da época (SIMONE E ANICE, 2008). Após centenas de anos de desenvolvimento desenfreado e sem controle, as pessoas, a indústria e o poder público passaram a perceber as consequências disso - e a natureza também começou a dar seus sinais mais profundos, com chuvas intensas, longos períodos de estiagem, furacões, além do surgimento e intensificação de doenças respiratórias e vários outros problemas de saúde. Essa percepção trouxe, além do início de uma mudança de postura individual, o surgimento de legislações e normas visando a preservação e controle ambiental. Todo esse cenário também refletiu nas áreas de indústria e tecnologia. Passou a ser um diferencial e atrativo de mercado possuir iniciativas sustentáveis e que se preocupassem não só com o meio ambiente interno, mas também de todas as partes interessadas no processo (moradores, comércio, órgãos municipais, Organizações Não-Governamentais etc). As normas ISO são um bom exemplo disso, assim como as novas ferramentas e metodologias que aos poucos ganham o mercado como Consumo Sustentável, Economia Circular, Ecologia Industrial, Pegada de Carbono, Pegada Ecológica, Pegada D'água e Avaliação do Ciclo de Vida.

Toda essa evolução também traz novos questionamentos acerca da sustentabilidade de produtos e processos. O surgimento de carros elétricos, da alimentação vegana, de novas fontes de energia, a substituição do plástico por outros materiais e a troca do papel-toalha pelo secador de mão automático são apenas algumas das modificações que atualmente julga-se serem mais "amigas do ambiente". Entretanto, para que haja a constatação de que de fato os impactos

ambientais são amenizados por iniciativas como essa, é necessário avaliar por completo todas as atividades envolvidas em processos como esses, desde a extração da matéria-prima até a disposição final e posterior fim de vida

Seguindo essa linha, a aposta em materiais versáteis e sustentáveis se faz presente e relevante, como é o caso da cortiça. O interesse por materiais com várias funcionalidades permite que a mesma fosse aplicada em várias áreas, como arquitetura, construção, alimentos e bebidas e outros (ESTRADA, 2014).

Em países como Portugal, a utilização da cortiça já é disseminada em todo o país e é representada principalmente pelas rolhas da produção de vinho. COPELLO (2009) afirma que o país responde por 50% da produção mundial, sendo a extração da casca feita de 9 em 9 anos, mas para a primeira extração, é necessário esperar 25 anos.

Vale destacar que tal produção, mesmo que inicialmente aparente ter um interessante viés ambiental, também pode acarretar impactos ambientais associados à sua extração, processamento, uso final e fim de vida. Antes de afirmar sobre os reais benefícios ambientais representados por esse tipo de material, é importante mensurar preliminarmente quais impactos podem ser gerados ao longo de ciclo de vida desse processo, e resultado que pode ser obtido através da aplicação da Análise de Ciclo de Vida (ACV). A metodologia em questão se caracteriza por avaliar, durante todo o processo produtivo (ou seja, da extração até o uso final e fim de vida) quais os aspectos ambientais associados em cada fase do processo, de forma a identificar eventuais aspectos ambientais na produção e atuar de forma efetiva na redução ou eliminação de possíveis impactos.

Sendo a fabricação de rolhas de cortiça a maior aplicabilidade desse material, o foco deste trabalho será nesse produto e, além da Análise do Ciclo de Vida das rolhas de cortiça natural (extraídas diretamente do sobreiro) será feito também uma ACV da rolha de cortiça técnica, que é feita majoritariamente através da rolha de cortiça natural à qual é adicionada alguns aglomerantes e produtos químicos. Sendo assim, a presente pesquisa tem por objetivo apresentar uma comparação entre os dois materiais, de forma a tentar compreender os impactos ambientais que cada um apresenta ao longo do seu processo produtivo e também após o fim de vida.

2. OBJETIVOS:

2.1 OBJETIVO GERAL

Apresentar a comparação do Ciclo de Vida de rolhas de cortiça natural e técnica produzidas em Portugal

2.2 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Realizar a Análise do ciclo de vida das rolhas natural e técnica, utilizando o software.
- Interpretar os impactos associados a cada etapa de produção das diferentes rolhas.
- Descrever os procedimentos e informações necessárias para a utilização de software para Análise de Ciclo de Vida – ACV
- Divulgar a importância da Análise de Ciclo de Vida - ACV como ferramenta para avaliar produtos, processos e impactos ambientais.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE A CORTIÇA

A cortiça é um material que reveste o tronco e ramos do sobreiro, (*Quercus suber* (Figura 1) que faz parte da família das Fagáceas, tipicamente encontrada em países europeus, que detém 80% dessa produção e 49% está concentrada em Portugal. APCOR (2019). Os sobrerais também podem ser encontrados no Norte da África e se configuram como aliados poderosos na prevenção da desertificação e o sequestro de carbono (valores entre 1,0-5,1 tCO₂/ha/ano). Sua principal característica está associada ao desenvolvimento de uma volumosa e flexível casca, exercendo assim uma função protetora de outras partes da árvore como tronco e ramos. Quando atingida uma espessura considerável é possível fazer a extração dessa casca que é assim chamada de cortiça (FORTES *et al*, 2004). O que se destaca na estrutura desse tecido é que ele é impermeável a líquidos, é resistente à penetração e possui uma baixa condutibilidade térmica. Destaca-se também uma densidade baixa, fazendo com que a cortiça seja aplicada em atividades marítimas e uma alta elasticidade que faz com que ela recupere, em até um dia, em torno de 90% de volume inicial (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2000).

Figura 1. Sobreiro



Fonte: <https://www.casadasciencias.org/imagem/8497>

3.2. OBTENÇÃO E APLICABILIDADE

Por ser oriunda da natureza, a utilização da cortiça advém de mais de 1000 anos antes de Cristo. De acordo com GIL (2006), a aplicabilidade representada por ela variava de povo para povo e era utilizada de acordo com a necessidade que havia naquele momento. Na Roma antiga, o uso dela estava relacionado à sua característica de isolante térmico e era aplicada como um isolante de frio e umidade, sendo, portanto, utilizado em moradias, castelos, celas e outros locais. Sendo assim, era uma matéria-prima de alto valor para eles. Já na Grécia antiga, tal material era tido como sagrado e por isso era muito aplicado em jovens guerreiros e atletas, pois representava um triunfo aliado à liberdade. Uma definição completa foi feita por GIL, (1998):

“Macroscopicamente, é um material leve, elástico e praticamente impermeável a líquidos e gases, isolante térmico e eléctrico e absorvedor acústico e vibrático, sendo também inócuo e praticamente imputrescível, apresentando a capacidade de ser comprimido sem expansão lateral. Microscopicamente, a cortiça é constituída por camadas de células de aspecto alveolar, cujas membranas celulares possuem um certo grau de impermeabilização e estão cheias de um gás semelhante ao ar, que ocupa cerca de 90 por cento do volume.”

Percebe-se, portanto, a aplicabilidade relacionada à esse material, mas só a partir dos anos 1900 é que sua importância começou a ser mais percebida e deu-se o início a estudos para a aplicação de algumas técnicas, bem como em utilizá-los para a prática agrícola e na engenharia civil (OLIVEIRA e OLIVEIRA, 2000

Portugal se destaca mundialmente quando se trata de produção de cortiça. De acordo com a Associação Portuguesa da Cortiça- APCOR, o país produz anualmente cerca de 100 mil toneladas de cortiça. Em relação à exportação desse produto, em 2014 ele representou 18,6% das vendas nacionais para o mercado externo.

De acordo com o Boletim Mensal de Economia Portuguesa (BMEP, 2019) as empresas corticeiras de Portugal estão em sua maioria concentradas na região norte e toda a produção referente à esse material representa um valor de 0,18% do PIB do país.

Apesar das várias aplicabilidades do material, a indústria de vinho é ainda aquela que mais o absorve em âmbito mundial, devido à necessidade de produção de rolhas, representando 68% desse mercado (APCOR, 2018a).

Ainda de acordo com a APCOR (2018b), cerca de 90% da produção de cortiça em Portugal é destinada à exportação contra 10% direcionado ao próprio país. Países como França, Estados Unidos da América, Espanha e Itália são os principais importadores desse material, que é direcionado principalmente à indústria vinícola desses países. Em 2011, 277 mil toneladas de cortiça foram importadas para o Brasil, direcionadas principalmente ao mercado do vinho (APCOR, 2013).

A cortiça é extraída em formato semi-tubular, e deve respeitar um período de 9 anos para que o mesmo sobreiro seja explorado novamente, sendo que a árvore, em qualquer período de extração, precisa permanecer com parte do seu revestimento externo. Atualmente, existem alguns processos mecanizados que auxiliam na retirada, que durante muitos anos era feito de forma manual, com o auxílio de machados (GIL, 2005).

De modo geral, após a extração da cortiça é necessário esperar um tempo para que o material se estabilize e perca seivas naturais do sobreiro (repouso ao ar livre em torno de 6 meses). Feito isso, é usual que as empresas levem o mesmo à fervura, de modo a eliminar eventuais micro-organismos e tornar o material mais maleável para uso (GIL, 2005).

As tecnologias atuais propiciam várias aplicações para a cortiça e, para a extração da mesma, ocorre inicialmente a trituração da cortiça virgem que origina o “granulado”. Esse granulado pode ser aplicado de duas formas: de forma pura, ou seja, sem aplicação de aglomerantes ou de forma composta, onde há a aplicação de aglomerantes e/ou outros compostos para posterior fabricação de materiais. A aplicação desses materiais podem ser, dentre outros: artigos de artesanato, revestimento de paredes, brinquedos, queima para a produção de energia e também rolhas para bebidas (GIL,1998).

É natural que se faça a relação das rolhas de cortiça com bebidas, especialmente vinhos. Elas são responsáveis pela vedação do recipiente, (geralmente vidro). Além de proteger o líquido no interior, ela auxilia na maturação que normalmente ocorre nos vinhos.

As etapas de fabricação das rolhas de cortiça dependem do tipo de rolha que deseja obter-se, sendo que a principal diferença entre a natural e a técnica é que as técnicas possuem grânulos variados, e a natural advém de apenas uma única peça de cortiça (Figura 2). Em outras palavras, a rolha técnica advém dos grânulos que não foram utilizados para a fabricação da rolha natural, utilizando, portanto, mais componentes químicos em seus processos para que a aglomeração necessária seja alcançada. Entretanto, a rolha natural destaca-se devido à importantes características como elasticidade, compressibilidade e porosidade (para transferência de oxigênio que auxilia nos processos de maturação dos vinhos), sendo, portanto, a principal escolha para a vedação de vinhos mais nobres (APCOR, 2018a).

Figura 2: Rolha de cortiça natural (esquerda) e técnica (direita)



Fonte: Amorim, 2019

3.3 ETAPAS DO PROCESSO PARA OBTENÇÃO DE ROLHAS

3.3.1 Gestão florestal

De acordo com González-García (2013), a gestão florestal compreende desde a preparação do solo para o plantio até a sua recuperação após a extração. As etapas são: estabilização do terreno, manutenção da cultura, extração da cortiça e recuperação do terreno. Os *inputs* (entradas) e *outputs* (saídas) relacionados à essa etapa vão desde a preparação e manutenção do solo ao longo do tempo de crescimento do sobreiro, o que envolve consumo de combustível (diesel) em tratores e outros tipos de equipamentos, bem como o uso de fertilizantes. A Figura 3 a seguir ilustra a cortiça já extraída.

Figura 3. Extração da cortiça



Fonte: <http://corticeiracardoso.com/produtos.php>

3.3.2 Preparação da cortiça:

Tem como principal função tornar a matéria-prima em questão aplicável à produção de rolhas. SIGARDO (2011) afirma que as etapas são:

- a) Formação de pilhas de pranchas de cortiça, para secagem da humidade presente nos tecidos;
- b) Primeira estabilização (Figura 4), para remoção do formato arredondado (realizado durante o corte);

Figura 4. Estabilização da cortiça



Fonte: <http://corticeiracardoso.com/produtos.php>

O tempo para essas etapas é no mínimo 6 meses.

- c) **Cozedura**, (Figura 5) que possui o objetivo de limpar a cortiça, aumentar sua espessura e torna-la mais maleável para futuras etapas do processo (APCOR, 2018a)
- d) **Escalda**, um segundo cozimento para ajuste de umidade.

Figura 5. Cozedura



Fonte: <http://corticeiracardoso.com/produtos.php>

Nesses dois casos, destaca-se o uso mais expressivo de energia elétrica, gás propano e água. Sendo assim, nessas duas fases há também a geração de um gás e de um efluente líquido, que deve passar por um processo biológico de tratamento antes de ser disposto no meio ambiente.

- e) **Traçamento**, que é a seleção daquelas pranchas consideradas ideais e com a qualidade necessária para que as rolhas naturais sejam produzidas. As que não são utilizadas, denominadas “refugo”, podem ser aproveitadas na produção da rolha técnica após moagem.
- f) **Paletização**, são aquelas pranchas que seguem no processo da rolha natural.

3.3.2 Produção das rolhas

Nessa etapa serão introduzidas as fases de produção do modelo de rolha natural e técnica, que se destinam à indústria vinícola:

- Rolha Natural

As pranchas de cortiça já preparadas nas fases anteriores passam novamente por uma avaliação, e podem ser descartadas se apresentarem espessura

inadequada (cortiça muito fina), verdura (umidade em determinados locais), ou uma coloração amarela, que indica a presença de TCA (2,4,6 tricloanisol), substância que pode alterar o cheiro e o paladar do vinho.

As outras etapas estão apresentadas no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1: Etapas de produção da rolha natural

Etapa	Nome	Descrição
1	Rabaneação	Cortes das pranchas em tiras transversais
2	Brocagem	Processo que origina o corpo cilíndrico das rolhas
3	Cavaco	Eliminação de cortiças mal brocadas
4	Pré- secagem	Deixar a humidade abaixo de 8%
5	Retificação	Lixamento e retoques finais
6	Qualidade visual	Busca pela padronização das rolhas
7	Lavação	Desinfecção e eliminação de microorganismos
8	Secagem	Controle da umidade
9	Innocork	Desodorização e remoção de odores
10	Maquilhagem	Melhoria do aspecto visual
11	Secagem	Controle da umidade
12	Qualidade Visual	Busca por algo fora do padrão
13	Embalamento	

Fonte: AMORIM, 2019; SILVA, 2009.

A figura 6 a seguir ilustra a etapa de rabaneação.

Figura 6. Rabaneação



Fonte: <http://corticeiracardoso.com/produtos.php>

Nas etapas 1, 3 e 5 há a geração de refugos, reparas e de pó de cortiça que, posteriormente, podem ser aproveitados na produção da rolha técnica.

Na etapa de lavação, há a utilização de alguns componentes químicos como o peróxido de hidrogênio e o hidróxido de sódio, utilizados como agente oxidante e catalisador, respectivamente. Para a neutralização de eventuais resíduos deixados pelo peróxido, ainda é aplicada uma enzima (peroxidase) (AMORIM, 2019). A Figura 7 a seguir ilustra como ficam as pranchas após a brocagem.

Figura 7. Pranchas após o processo de brocagem.



Fonte: a autora.

- Rolha Técnica

Conforme descrito anteriormente, as partes não aproveitadas na produção da rolha natural passam por um processo de aglomeração e são reaproveitadas para a fabricação da rolha técnica. Esses materiais são avaliados quanto à granulometria e à densidade das rolhas. As etapas estão apresentadas no quadro 2 a seguir:

Quadro 2. Etapas de preparação da rolha técnica

Etapa	Nome	Descrição
1	Remoagem	Mistura dos granulados
2	Classificação	Separação por granulometrias
3	Desinfecção	Remoção de compostos químicos
4	Secagem	Estabilização da humidade
5	Mistura	Concessão de propriedades físicas e mecânicas para vedação

6	Aglomerção	As rolhas são imersas em um forno quente
7	Retificação	Lixamento e retoques finais

Fonte: AMORIM, 2019 (adaptado)

As etapas posteriores de Lavação, Secagem, Qualidade Visual e Embalamento são idênticas ao processo de rolha natural, com a diferença apenas na etapa de Lavação, que não utiliza muitos produtos químicos já que as rolhas técnicas são formadas por granulados anteriormente desinfetados. A figura 8 a seguir ilustra uma colaboradora fazendo a classificação das rolhas baseada numa inspeção visual, onde são identificadas aquelas que porventura tenham maior ou menor tamanho e largura.

Figura 8. Classificação das rolhas



Fonte: a autora.

3.3.4 Acabamento

Tanto para o processo da rolha natural quanto da técnica, o modelo é semelhante. Consiste nas seguintes etapas (GIL, 2006):

- Despoeiramento, para extração de pó ou demais partículas menores;
- Marcação (Figura 9) que deve ser feita de acordo com as especificações do cliente (Exemplo: nome ou marca da empresa, em que pode ser utilizado uma tinta de marcação).

Figura 9: Marcação das rolhas



Fonte: <http://corticeiracardoso.com/produtos.php>

- Umidificação, necessária para adequar a humidade da rolha quando a mesma se apresenta inferior a 5% ou superior a 8%, o que pode dificultar a inserção e retirada da rolha.
- Tratamento: são utilizados alguns compostos a base de silicone com o intuito de lubrificação e impermeabilização a parte externa da rolha.
- Embalamento: última etapa antes que da entrega ao cliente final. Os sacos com as rolhas são embalados com a inclusão de dióxido de enxofre, com o objetivo de prevenir a contaminação

As fases de Despoeiramento e Humidificação não estão presentes na rolha técnica, já a que mesma advém de um processo de aglomeração.

3.3.5 Transporte

Na literatura, encontra-se alguns trabalhos (RIVES et al, 2011; PWC/ECOBILAN 2008) que avaliam a etapa de transporte uma única vez, onde fazem a soma das contribuições de todas as etapas do processo que apresentam transporte e avaliam esse item unitariamente. De forma geral, é verificado a distância percorrida entre as unidades fabris (utilizando carros e caminhões), quando existem, bem como o transporte interno, com uso de empilhadeiras ou outros meios de transporte menores.

3.3.6 Fim de vida

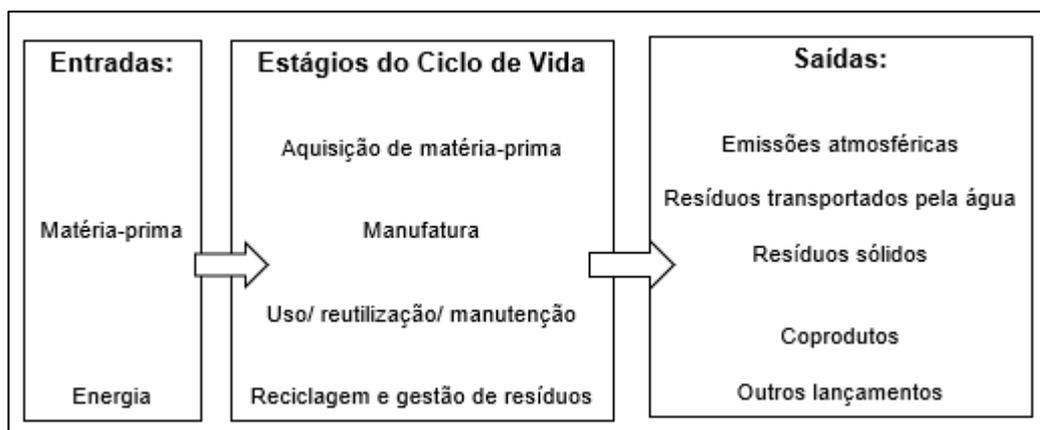
Essa etapa diz respeito ao que é feito com os materiais após a utilização do consumidor final. Em geral, considera-se o fim de vida mais comumente utilizado

para o processo ou produto em questão, e os impactos relacionados à esse fim de vida especificamente, seja disposição em aterro, incineração, reciclagem ou outros.

3.4 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

A Análise de Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta de gestão ambiental que tem sido cada vez mais aplicada nas grandes organizações, principalmente na Europa. Atualmente, a ISO 14040 se configura como referência em processos de Análise de Ciclo de Vida. Como parte integrante do Sistema de Gestão Ambiental, a ACV se torna uma grande aliada no que tange à ferramentas que visem melhorar o desempenho ambiental. A expressão do berço ao túmulo (em inglês, *from cradle to grave*)." relaciona toda a cadeia de produção e distribuição de um processo, considerando também os recursos extraídos e as emissões para água, ar, solo e resíduos. De modo geral, o ciclo se inicia no momento da extração de recursos naturais (água, solo, minerais, árvores, etc) e energéticos para a concepção do processo ou produto, onde é necessário mencionar também as chamadas saídas (energia, água, poluentes) e finaliza-se não após seu uso, mas sim após o chamado fim de vida, que é quando, após a destinação final, ele recebe eventual tratamento e retorna para a natureza novamente (MENDES *et. al*, 2016). O quadro 3 ilustra de forma geral o processo, com as entradas e saídas mais comuns:

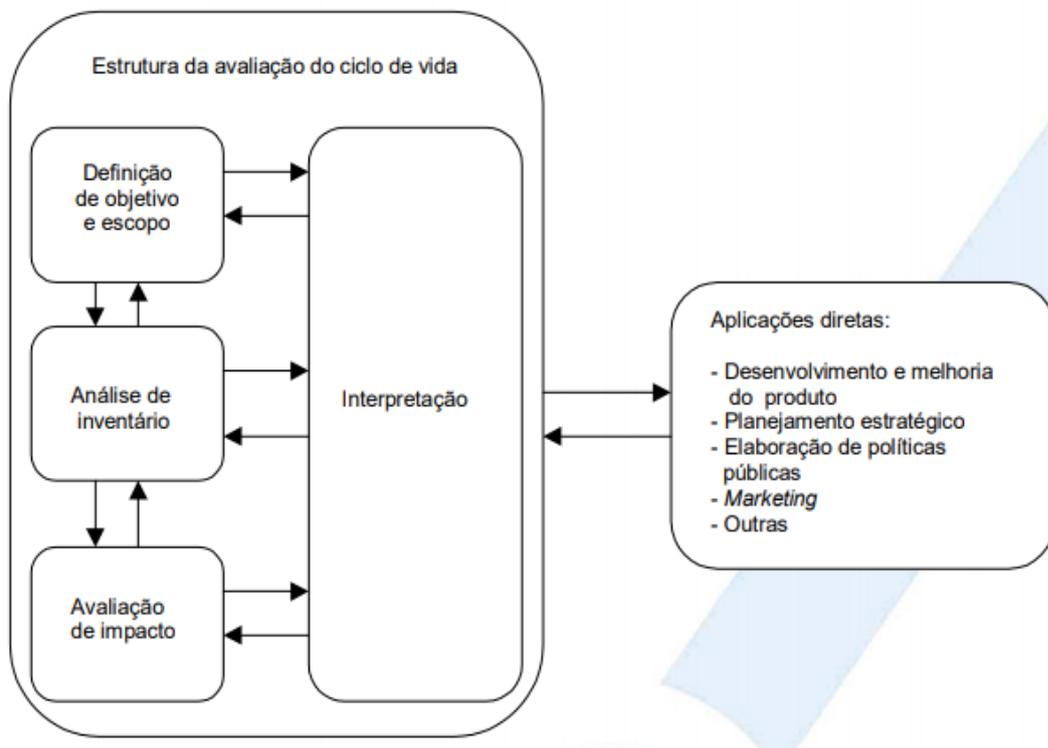
Quadro 3: Entradas e saídas mais comuns na ACV



Fonte: EPA, 1993 (adaptado).

Para realizar a ACV, é necessário cumprir as quatro principais fases que estão a seguir, conforme o quadro 4

Quadro 4. Estrutura da ACV



Fonte: NBR ISO 14040

a) Definição do objetivo e escopo:

Essa etapa é importante para direcionar a pesquisa e qual o foco será dado ao trabalho.

b) Análise do Inventário:

Caracteriza-se por apresentar todas as informações referente ao consumo de matéria-prima e energia. É a etapa mais trabalhosa, porque muitas vezes o acesso à informação necessária pode ser limitada, bem como a necessidade de ir a campo fazer coleta de dados, que torna o trabalho mais exaustivo.

c) Avaliação de Impacto:

Refere-se aos impactos relacionados às informações presentes no inventário. Atualmente, existem muitos softwares que podem auxiliar, como o GaBi, Humberto, SimaPro e vários outros. CAMPOLINA *et al*, (2015) afirma que esses softwares

facilitam principalmente na conversão de dados e outros cálculos necessários, como balanço de massa, energia e eventuais fluxos de materiais necessários. Ao fim, podem ser gerados gráficos que tornam visíveis os impactos oriundos do processo, que podem variar de acordo com o programa e as bibliotecas disponíveis.

d) Interpretação de dados:

Refere-se à interpretação de todos os dados e gráficos gerados, necessários para a tomada de decisão e possíveis conclusões a serem tomadas por quem está avaliando os impactos ambientais em questão.

O aumento da preocupação com meio ambiente e sustentabilidade contribuiu para que ferramentas como a ACV surgissem, principalmente, na pesquisa e também na indústria nas décadas de 1950 e com a crise do petróleo, em 1960. Ela tornou-se valiosa na mensuração de impactos ambientais e na extração de recursos naturais, e sofreu algumas e rápidas alterações de forma a contribuir ainda com as indústrias e também com os tomadores de decisão em âmbito de políticas ambientais. Entre os mais de 50 anos que se passaram desde sua criação, a ACV passou por três principais momentos, chamados drivers de adoção: *Company*, *Regulatory/Compliance e Policy*, representando assim os nichos que a ferramenta alcançou com o passar dos anos (Mc MANUS e TAYLOR, 2015).

Nas décadas de 1960 e 1970, o uso da ACV estava mais relacionada ao gerenciamento de recursos. Com a crise energética no final dessa mesma época, as empresas começaram a gerenciar a energia com base no ciclo de vida. A Coca Cola foi pioneira nesse âmbito. Apesar de na época as informações terem sido pouco divulgadas, sabe-se que a contribuição da companhia foi fundamental para a definição de metodologias e estratégias utilizadas até os dias atuais (KLÖPPFER, 2006).

O início da década de 1990 foi bastante expressivo nas questões ambientais, com várias conferências e ações relacionadas a sustentabilidade e ao controle e prevenção de impactos ambientais. Dentre elas, a SETAC (*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) que estabeleceu alguns padrões a serem respeitados quanto à identificação e quantificação de impactos de determinado produto (Figura 7). Mais tarde, no final dessa década, os padrões SETAC se tornaram os padrões

ISO internacionalmente conhecidos, formando a série ISO 14040 (Quadro 5) (Mc MANUS E TAYLOR, 2015).

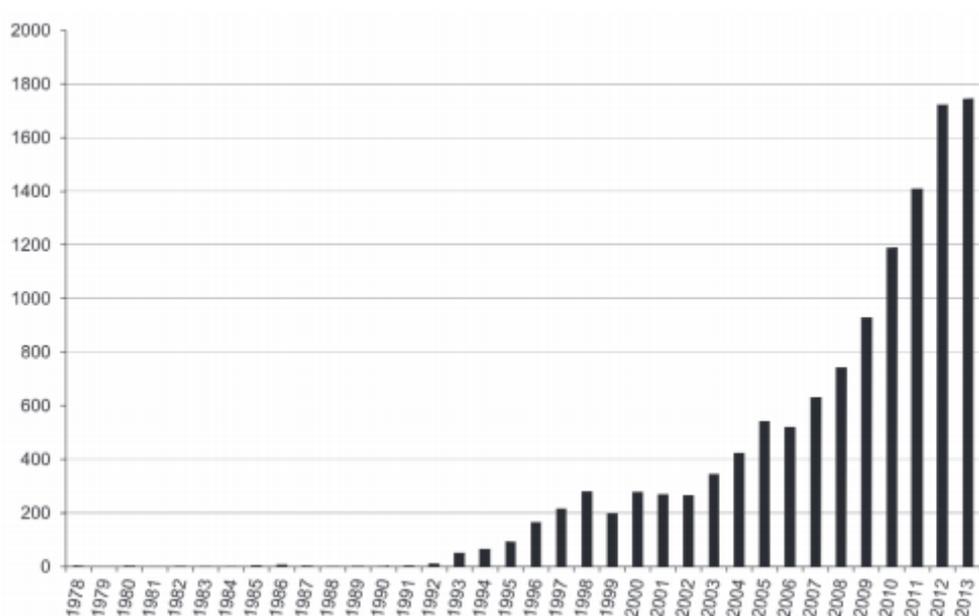
Quadro 5. Histórico da ACV



Fonte: Mc MANUS E TAYLOR, 2015 (adaptado).

Após a atualização da ISO 14001/2015, as organizações precisaram incluir a ACV no seu processo de gestão ambiental. É necessário que as empresas adicionem o ciclo de vida relacionado ao serviço e/ou produto fabricado por ela, ou seja, uma análise de todas as fases que sofrem influência da organização. Feito isso, é possível atuar de forma mais efetiva na tomada de decisões, permitindo também que a liderança concentre seus esforços nas áreas mais importantes e estratégicas do processo. O gráfico 1 a seguir ilustra o crescimento mundial do uso da metodologia ACV desde o final da década de 1970 até o ano de 2013. Percebe-se um crescimento quase que exponencial do uso dessa ferramenta. Verifica-se, através dessas informações, a importância e relevância que o tema possui, tanto em âmbito acadêmico quanto profissional e industrial.

Gráfico 1. Uso de ACV em 35 anos.



Fonte: Mc MANUS E TAYLOR, 2015.

3.5 SOFTWARES DE ACVs

Atualmente existem vários softwares que auxiliam nos cálculos de balanço de massa, energia e fluxos de produtos. Existem alguns mais voltados para a construção civil, como o BEES 3.0, e outros com foco na relação entre motores e combustíveis, como o GREET Model. Percebe-se, portanto, que cada software possui uma especificidade que deve vir de acordo com o interesse do usuário. Vale ressaltar que cada um deles possui uma base de dados específica, como se fosse uma biblioteca com vários elementos relacionados ao ciclo de vida de materiais, em todas as esferas (compostos químicos, meios de transporte utilizados, fontes renováveis ou não renováveis de energia, etc.). Os resultados de impacto serão apresentados em forma de gráficos, com a discriminação de tipos de impactos (acidificação, eutrofização, toxicidade humana e etc) (CAMPOLINA et al, 2015).

3.6 SIMAPRO

O software é referência em processos de ACV e está no mercado há mais de 25 anos, com atuação em mais de 80 países em âmbito industrial e também acadêmico. Pode ser utilizado na elaboração de relatórios de sustentabilidade, pegada d'água, pegada de carbono e avaliações de aspectos e impactos ambientais em geral. Com ele é possível identificar toda a cadeia de suprimentos, gerar indicadores e trabalhar em cima dos processos que mais impactuem o meio ambiente. Ele conta com mais de 20 metodologias de ACV e mais de 9 bibliotecas de inventários (Simapro Database Manual).

Métodos de Avaliação de Impactos do Simapro (Simapro Database Manual)

Existem muitos métodos de avaliação de impacto ambiental disponíveis no software (CML 1992, Eco-indicator 99, EPS2000). Através dele, pode-se fazer a comparação entre produtos com ciclos de vida distintos. Destaca-se as categorias de impacto ambiental definidas por pesquisadores do CML (Centre of Environmental Sciences, da Universidade de Leiden na Holanda) que respeitam a metodologia da organização. No software Simapro versão 5.2 existem duas versões desse método disponíveis, uma com 10 categorias e outra estendida (Quadro 6).

A etapa de avaliação de impactos possui elementos obrigatórios (classificação e caracterização) e outros que são facultativos. Todos eles estão relacionados às categorias de impacto ambiental. Na classificação, é necessário fazer a atribuição das entradas e saídas do inventário às categorias de impacto em questão. Feito isso, tem-se a etapa de caracterização. Basicamente, a categoria de impacto é multiplicada por um fator que expressa a contribuição relativa a substância. Para uma mesma categoria de impacto, o fator de caracterização pode variar.

Quadro 6. Categorias de Impacto Ambiental

Aquecimento global	devido ao aumento da concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera
Depleção do ozônio estratosférico	devido ao aumento da concentração de compostos orgânicos halogenados na atmosfera
Formação de oxidantes fotoquímicos	devido ao aumento da concentração de compostos orgânicos halogenados na atmosfera
Acidificação	- libertação de ions de hidrogénio (H+) por diversas substâncias, com consequente deposição acídica na água e no solo
Eutrofização	enriquecimento dos ecossistemas aquáticos e terrestres em nutrientes, provocando o aumento de produção de biomassa e a diminuição da concentração de O ₂ nos meios receptores
Toxicidade ecológica	emissão de substâncias tóxicas para a fauna e flora
Toxicidade humana	emissão de substâncias tóxicas para os humanos
Depleção de recursos bióticos	Ex: floresta, animais
Depleção de recursos abióticos	Ex: reservas de petróleo, minério de ferro, etc.
Utilização do solo	Ex: área de solo utilizada, perda de biodiversidade, erosão, etc
Toxicidade na água doce	resultado das emissões de substâncias tóxicas no ar, água e solo
Toxicidade na água salgada	resultado das emissões de substâncias tóxicas no ar, água e solo
Toxicidade Terrestre	resultado das emissões de substâncias tóxicas no ar, água e solo

Fonte: Hauschild, 2013; Simapro (Database Manual)

Normalização CML IA Baseline V3.04/ EU25

A CML (Centre of Environmental Science, University of Leiden, the Netherlands) é um Instituto de Ciências Ambientais da Faculdade de Ciências da Universidade de Leiden. Ele atua em pesquisa e educação estratégica e quantitativa sobre o uso sustentável e a governança dos recursos naturais e da biodiversidade e sua metodologia foi utilizada para avaliação de impactos (Figura 8).

De acordo com a Leiden Universiteit:

“ O CML 2001 é um método de avaliação de impacto que restringe a modelagem quantitativa aos estágios iniciais da cadeia de causa-efeito para limitar as incertezas. Os resultados são agrupados em categorias de ponto médio de acordo com mecanismos comuns (por exemplo, mudança climática) ou agrupamentos comumente aceitos (por exemplo, ecotoxicidade). Uma planilha do Microsoft Excel com fatores de caracterização para mais de 1700 fluxos diferentes pode ser baixada do site da CML. Os fatores de caracterização são atualizados quando novos conhecimentos sobre o nível da substância estão disponíveis. (site Leiden Universiteit, 2019)”

Utilização do programa: Base de dados

A interface permite a descrição resumida do projeto e das fases, que podem ser usadas posteriormente no relatório a ser desenvolvido. Há também a seção de bibliotecas, onde é necessário selecionar aquelas que sejam mais apropriadas para o projeto. Todo software de ACV possui diversas bases de dados com informações sobre materiais e disponibilidade de recursos, energia, combustível e transporte. Para exemplificar, há a Ecoinvent EU25. O termo “EU” diz respeito à realidade Europeia para aqueles recursos relacionados. É interessante ter esse cuidado, pois evita a inclusão acidental de dados indesejáveis, como dados dos EUA por exemplo (GOEDKOOOP *et al*, 2016). A base Ecoinvent possui dados sobre a cadeia de suprimentos de alumínio e carvão, produtos químicos, eletricidade, captura de peixes e aquicultura, papel e celulose, setor de transporte, setor de resíduos,

setores de agricultura e silvicultura, construção civil e produção e fornecimento de combustível e é comumente utilizada em trabalhos de ACV (RUIZ M., 2018).

EcoIndicator 99

O método segue os seguintes passos:

- A quantificação dos aspectos ambientais, que é feita através do inventário;
- A alocação desses aspectos nas categorias de impacto ambiental selecionadas (midpoint), pois avalia os efeitos gerados no ambiente pelas entradas e saídas do sistema em questão;
- Normalização e ponderação do dano (endpoint). Joint Research Centre (2011), afirma que um método endpoint busca simplificar o cálculo dos resultados através de três áreas:
 - I. Saúde Humana, que considera a perda de anos de vida por morte prematura e os riscos à saúde e doenças que impactos ambientais podem causar;
 - II. Qualidade no ecossistema, que contabiliza a porcentagem de espécies que desapareceram devido à impactos ambientais;
 - III. Recursos (energia), que aborda como deverá ser a retirada de recursos minerais para extrair energia no futuro.

4 METODOLOGIA

Este trabalho se iniciou em março de 2019, através da disciplina Ecologia Industrial e Gestão da Qualidade que foi cursada na Universidade do Porto, em Porto (Portugal). A Avaliação de Ciclo de Vida, bem como todas as suas etapas associadas, foi realizada considerando as normas NBR ISO 14040: 2008 e NBR ISO 14044: 2010. O quadro 7 a seguir ilustra as etapas realizadas:

Quadro 7: Principais etapas da metodologia

Definição do objetivo e escopo	ACV no modelo berço ao túmulo, passando pelas 6 etapas de produção citadas no item 3.3
Unidade Funcional	Produção de 1000 rolhas de cortiça naturais e 1000 rolhas de cortiça técnicas
Análise do Inventário	Foram utilizadas as informações disponibilizadas pela professora da disciplina, através do inventário de AMORIM (2019)
Avaliação de Impactos	Uso do software Simapro versão 5.2, normalização CML IA Baseline V3.04/ EU25
Interpretação	Análise dos resultados apresentados nas categorias de impacto ambiental

Fonte: a autora

Destaca-se também:

- Os valores disponibilizados no inventário (ANEXO A) dizem respeito à um período de nove 9 anos (tempo entre um descortiçamento e outro). O quadro 8 a seguir apresenta informações gerais sobre as rolhas
- A etapa de utilização também não está incluída nesse projeto, visto que a empresa não poderia disponibilizar os dados dos clientes finais. De qualquer forma essa seria uma informação muito específica que dependeria da realidade de cada cliente (que possui variantes relacionada a país) que precisaria ser melhor abordada em um estudo focado no tema.
- Pó de cortiça e rolhas defeituosas são alguns dos subprodutos gerados no processo. No inventário, esses materiais foram considerados no balanço de

massa porém foram excluídos dos impactos ambientais, bem como as atividades administrativas, pois julgou-se que os impactos gerados são insignificantes para o projeto.

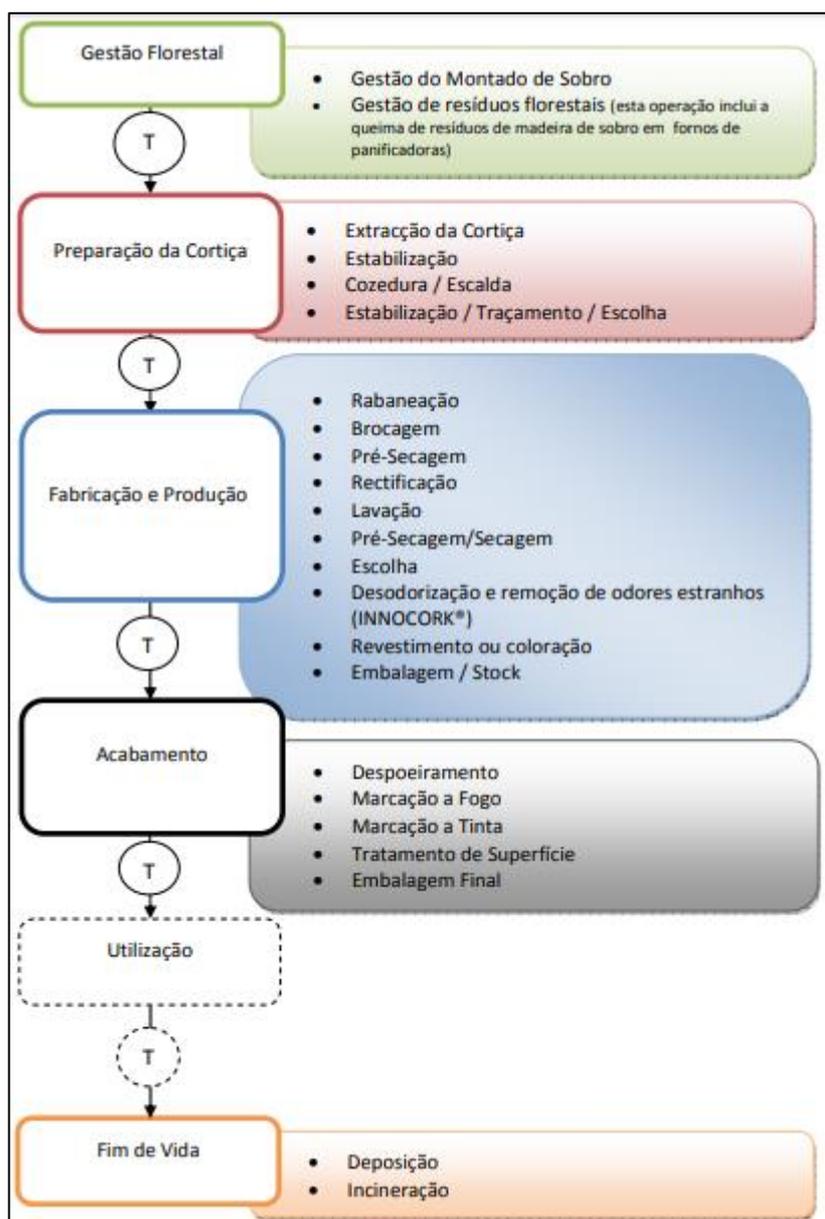
Quadro 8. Características das rolhas

Características	Rolha Natural	Rolha técnica
Comprimento médio	45mm	44mm
Diâmetro médio	24mm	24mm
Tipo de lavação	Lavação peróxido	Lavação peróxido
Volume médio	120 – 220 kg/m ³	245 – 305 kg/m ³
Humidade média	4 – 8 %	4 – 8 %
Maquiagem	Amarelado	-
Marcação	Tinta e Fogo	Tinta e Fogo
Granulometria	-	Micro (0,5 – 2 mm)
Discos de cortiça natural	-	Sem discos

Fonte: (AMORIM, 2019)

- Ressalta-se que a produção da rolha técnica possui uma etapa adicional, ou seja, a “moagem”, referente a trituração das sobras de rolhas naturais. A figura a seguir ilustra as etapas:

Quadro 9. Fronteiras do sistema



Fonte: (SILVA, 2009)

- Com relação ao transporte interno, SILVA (2019) inclui o consumo de energia elétrica relacionado em cada uma das etapas anteriores (Preparação da cortiça, Produção da rolha de cortiça natural, Produção da rolha de cortiça técnica). Esse consumo está relacionado às máquinas utilizadas na produção e das instalações físicas. Já para o transporte entre unidades fabris, houve uma separação para cada um dos processos (natural e técnica),

mas a distância é consideravelmente semelhante. Para o inventário, o autor considerou apenas o consumo de combustível associado a cada uma dessas distâncias, considerando também, os transportes aéreo, marítimo e terrestre utilizados para a entrega aos clientes finais em outros países. Verifica-se a unidade de medida t.km, em que foi multiplicada a massa de rolhas pela distância transportada em km. As emissões gasosas foram estimadas pelo Simapro versão 5.2.

- Como este trabalho utiliza dados de uma empresa localizada em Portugal, para a etapa “fim de vida” foi considerado dois dos principais métodos de disposição final de resíduos naquele país, sendo eles: a disposição em aterro sanitário e a incineração. Ambos tiveram seus impactos analisados pelo software SimaPro versão 5.2.

De posse dos dados do inventário (ANEXO A) iniciou-se a alimentação do software SimaPro versão 5.2. O primeiro passo foi criar um novo projeto dentro do programa, que foi intitulado ACV Cork. Dentro desse projeto, criou-se um subprojeto para cada um dos tipos de rolha (RN e RT) e seus respectivos processos. O programa é bem intuitivo e possui os locais para adicionar as entradas e saídas discriminados, o que facilita o momento do preenchimento das informações (ANEXO B).

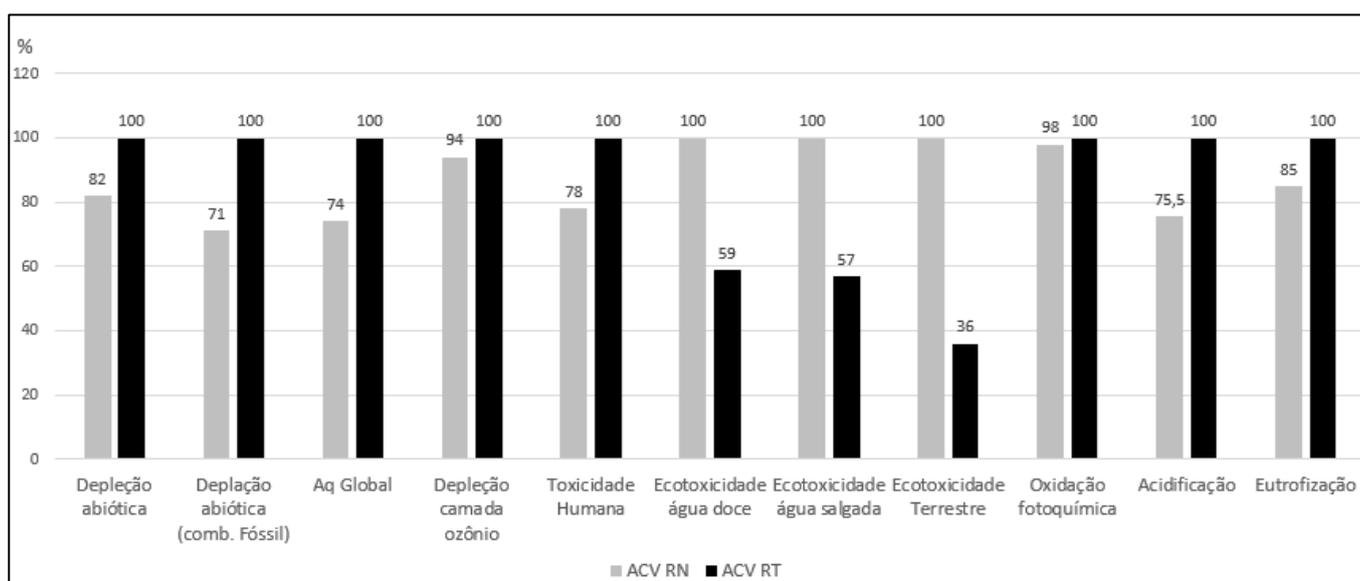
Esse procedimento foi realizado em todas as etapas. Para o presente estudo, alguns dados presentes no inventário não foram adicionados ao programa e, conseqüentemente, não tiveram seus impactos ambientais contabilizados nos gráficos finais. São eles: Sulfossucinato de Éter Monolauril Dissódico, Enzima catalisadora de H₂O₂ (Produção RN) e Microesferas expansivas (Produção RT). A justificativa se dá pela inconsistência de informações sobre esses componentes nas bibliotecas disponíveis. Alguns itens pedem maiores especificações (como por exemplo a composição química completa de elementos), não disponibilizados no inventário.

Em suma, todas os dados do inventário foram retirados do trabalho de AMORIM (2019). A alimentação do software, a geração dos gráficos e posterior interpretação dos mesmos foi um trabalho realizado pela autora.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após o preenchimento de todas as etapas, gera-se o gráfico 2 no software. Observa-se em cinza os impactos relacionados à rolha natural e em preto, os impactos da rolha técnica para cada categoria específica. Os impactos gerados pela rolha técnica são superiores em 8 das 11 etapas listadas.

Gráfico 2: Comparação dos impactos ambientais entre os dois tipos de rolha em cada uma das etapas



Fonte: Simpro versão 5.2 (adaptado)

Para os três casos onde isso não ocorreu a explicação pode estar relacionada ao maior consumo de água na etapa de Lavação da rolha natural, e também à necessidade das etapas Despoeiramento e umidificação (na fase do Acabamento), que não são necessárias no fabrico da rolha técnica. Nas demais categorias, os impactos ambientais negativos da rolha técnica foram maiores que as das rolhas naturais. Pode-se supor algumas razões, como o maior uso de produtos químicos para aglomeração da rolha e o maior consumo de energia elétrica relacionado à empresas terceirizadas.

A etapa de transportes também contribuiu significativamente para os impactos da rolha técnica, devido ao consumo de combustíveis e também às emissões relacionadas à combustão desses.

DEMERTZI et al (2015) fez uma abordagem semelhante analisando apenas o processo da rolha natural, considerando o processo até a etapa de engarrafamento, não incluindo transporte e fim de vida. Seus resultados apontaram a fase de gestão florestal como a que mais contribuiu para os impactos ambientais, e a justificativa está nas operações de poda e limpeza da vegetação.

Na etapa de “fim de vida” também há contribuição em relação aos impactos negativos, pois há uma maior quantidade de rolhas técnicas que são direcionadas para incineração e aterros. Isso acontece porque a rolha técnica já se configura como um reaproveitamento de materiais e as rolhas naturais ainda poderão passar por um novo processo para se tornarem técnicas, diminuindo assim a frequência e quantidade de envio desse material à aterros/incineração.

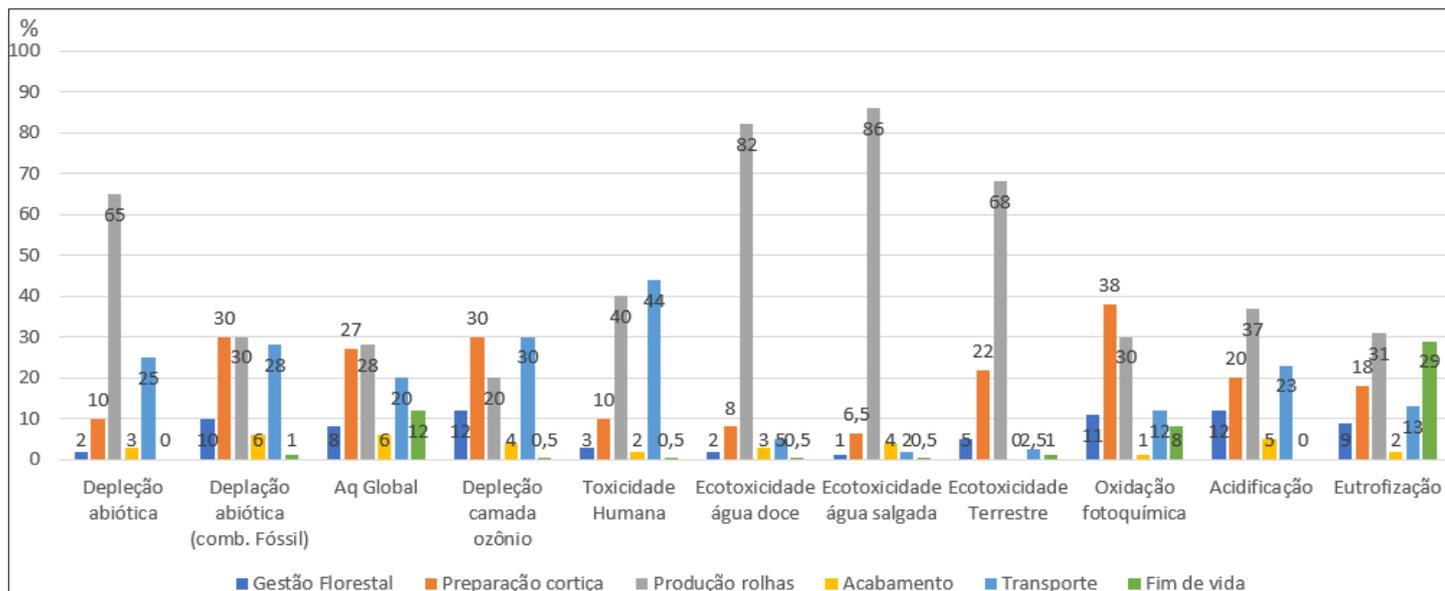
ARANDA et al (2005) em um estudo focado também na etapa “fim de vida” das rolhas naturais e discutem alternativas de disposição final, como incineração e reciclagem. Ressalta-se que a incineração apresentou os melhores resultados ambientais nas categorias mudanças climáticas, depleção e acidificação do ozônio, enquanto que, a reciclagem foi melhor nos itens formação fotoquímica de ozônio e depleção de recursos minerais e fósseis.

Na literatura não foram encontradas muitas pesquisas de ACV comparando rolhas de cortiça, bem como trabalhos que apresentasse as 11 categorias de impacto utilizadas para no presente estudo. Iniciativas como as de RIVES et al (2011) é semelhante, mas os autores utilizaram rolhas de cortiça destinadas à indústria de champanhe. Os resultados foram avaliados em quatro categorias de impacto: *Abiotic Depletion*, *Global Warming Potential*, *Acidification Potential*, *Eutrophication Potential* (Depleção Abiótica, Potencial de Aquecimento Global, Potencial de Acidificação, Potencial de Eutrofização, respectivamente). O estágio que mais contribuiu para os impactos é novamente a fabricação (69%), que corresponde a etapa de produção no presente estudo. A segunda etapa que mais contribuiu foi a de transporte, onde os impactos ambientais chegam a aproximadamente 30%, o que difere do encontrado no trabalho em questão, que tem a etapa de preparação como a segunda que mais gera impactos ambientais.

Para ambos processos de produção, a etapa de “produção da rolha” é a que gera maiores impactos ambientais negativos, devido à maior quantidade de

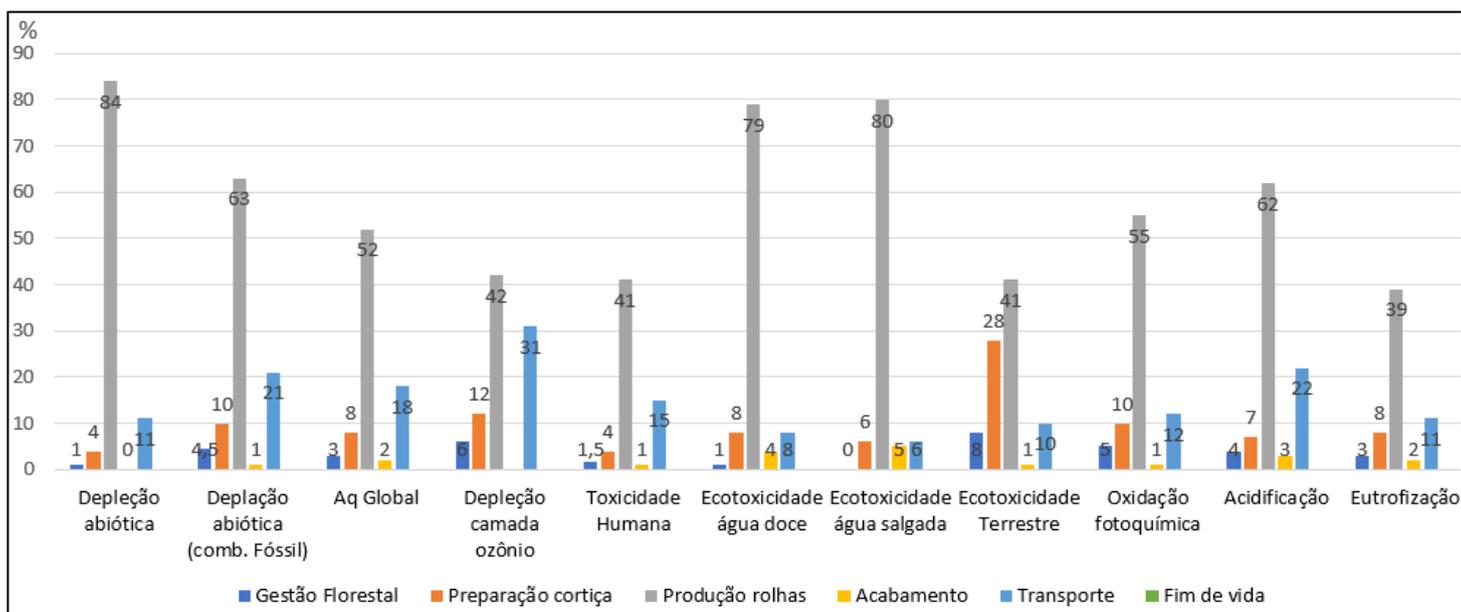
utilização de produtos químicos e também de equipamentos, que consomem mais energia elétrica (Gráficos 4 e 5).

Gráfico 3: Impactos nas etapas de produção da rolha natural



Fonte: Simapro versão 5.2 (adaptado)

Gráfico 4: Impactos nas etapas de produção da rolha técnica



Fonte: Simapro versão 5.2 (adaptado)

No processo da rolha natural, e a etapa “preparação” é a segunda em potencial de impacto. Já para a rolha técnica, é a etapa “transportes” que se

apresenta em segundo lugar. Tal fato pode se justificar devido à rolha natural ser a base da matéria-prima para a rolha técnica, logo, a utilização de insumos químicos e tratamentos na nessa etapa para a rolha técnica é consideravelmente menor. Observa-se no inventário que, para a etapa de preparação, a relação entradas e saídas é de 1 para a rolha técnica e 2 para a rolha natural, o que pode justificar o resultado encontrado.

Analisando o inventário, observa-se que a distância percorrida pela rolha técnica no que diz respeito à entrega para clientes é consideravelmente maior, o que gera mais impactos relacionados à combustão de todos os meios de transporte apresentados e justifica maiores impactos nessa fase para a rolha técnica.

Com relação à etapa de gestão florestal, o impacto é mais expressivo no processo da rolha natural, o que já era esperado devido à etapa de produção da rolha técnica se iniciar com a utilização das sobras da rolha natural.

Observa-se a etapa de acabamento como a que menos gera impacto, em ambos tipos de rolha e em todas categorias. Analisando a seção Acabamento (item 3.3.4), pode-se supor que:

- O despoeiramento e a umidificação são processos que não são realizados para a rolha técnica;
- A marcação não é algo obrigatório (apenas se vier demanda de clientes);
- A umidificação também é um processo pontual

Para ambos os casos, os impactos da etapa de “fim de vida” é a mais expressiva no que tange ao impacto da categoria “aquecimento global”), Oxidação fotoquímica e Eutrofização. Observando a tabela 2s é possível identificar algumas justificativas: tanto a incineração quanto a disposição em aterro geram gases que podem aumentar o Efeito Estufa. Tal fato também se relaciona com os oxidantes fotoquímicos, que são poluentes secundários na atmosfera, formados principalmente pela queima de combustíveis.

PWC/ECOBILAN (2008) apresenta um estudo comparativo entre ACV de rolhas de cortiça natural, rolhas de plástico e rolhas de alumínio destinada à indústria vinícola. Para a categoria de acidificação, a etapa de produção é mais significativa com relação aos impactos ambientais, seguido do engarramento, do transporte e do fim de vida. Para a categoria de oxidantes fotoquímicos, a relação

entre essas mesmas etapas de produção é quase que a mesma com relação aos impactos, o que difere da pesquisa em questão, pois na produção de rolha natural, a etapa de produção foi a mais significativa com relação aos impactos ambientais. PWC/ECOBILAN (2008) compara também a categoria de eutrofização, em que a etapa de engarrafamento é a que mais contribui (72%), seguido de produção, fim de vida e transporte. Mesmo não apresentando a etapa de engarrafamento, o estudo das rolhas de cortiça natural e técnica também apresentam semelhança com relação ao impacto causado pela etapa de produção, transporte e fim de vida na categoria eutrofização.

Da mesma forma, SILVA (2009) em estudo de ACV em rolhas naturais encontrou que os impactos mais significativos foram: Formação de Oxidantes Fotoquímicos, Aquecimento Global, Resíduos e a Acidificação, na etapa de produção (representando entre 28% a 34%, na comparação com as outras categorias). A etapa de transporte foi a que gerou menos impacto naquela pesquisa, representando 3% do impacto global, o que já difere dos resultados encontrados. Visto que SILVA (2009) também realizou seu trabalho em Portugal e as distâncias relacionadas ao transporte aéreo e marítimos são bem semelhantes ao de AMORIM (2019), uma justificativa para explicar essa diferença pode estar relacionada ao transporte terrestre necessário ao processo da Cork Supply (empresa visitada para a realização deste trabalho) que, conforme apresentado anteriormente, é bem expressivo.

Com relação aos impactos da indústria do vinho, o estudo realizado por PWC/ECOBILAN (2008) considera os impactos ambientais de diferentes sistemas de fechamento e oferecem conclusões comparativas. No entanto, diferentes tipos de tampas, como rolhas de cortiça natural, rolhas sintéticas ou tampas de rosca, possuem propriedades diferentes, oferecendo diferentes níveis de produção do produto e, conseqüentemente, apresentando maior ou menor risco ambiental.

A descrição das etapas de utilização da rolha pelo consumidor e de uma potencial reciclagem na etapa de “fim de vida” (ou seja, ao invés de enviar as rolhas para aterro ou incineração, encaminhá-las para artesanato, por exemplo) não foram consideradas no presente estudo.

Salienta-se que a ACV é uma metodologia relativamente nova no mercado e por muitas vezes complexa, pois é necessário que se tenha muitos dados e que

tenham precisão, para que o resultado final fique o mais coerente possível. É importante afirmar também que a metodologia diz respeito apenas aos impactos ambientais conforme as tecnologias atuais, e não considera alterações futuras no processo a ser avaliado.

Por fim, vale destacar que o software tem a capacidade de gerar inúmeros gráficos, mas devido à estrutura do trabalho que inicialmente foi realizado em Portugal (uma apresentação em formato de poster), não houve a necessidade de fazê-lo. Não foi possível gerar novos gráficos no Brasil, pois a licença de uso do software permite o acesso apenas com a rede de internet da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP).

6 CONCLUSÃO

Foi possível perceber que a aplicação de ferramentas como a ACV em produtos e processos pode trazer uma melhoria extremamente significativa no que tange ao entendimento de aspectos ambientais e melhoria de processos. Apesar de não ser um produto comum no Brasil, a cortiça é um bom material a ser estudado devido às suas várias aplicabilidades e relevância no cenário mundial, principalmente europeu. As diferenças existentes nos processos de produção da rolha técnica geraram informações relevantes com relação ao impacto que cada uma pode causar.

Analisando todos os resultados gerados, pode-se afirmar que o ciclo de vida da rolha técnica causa mais impactos ao meio ambiente devido à maior utilização de produtos químicos, de processos internos mecanizados e também devido a maior distância percorrida para a entrega desse produto ao consumidor final, que está em vários países do mundo. Sobre as etapas do processo, destaca-se a fase de produção como a que mais causa impactos ambientais.

Por fim, espera-se que este trabalho gere uma maior percepção acerca de processos de ACV no curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do CEFET e que o tema seja mais abordado dentro da sala de aula, visto que é um assunto atual e extremamente relevante para a via acadêmica e profissional dos estudantes dessa área.

7. CONSIDERAÇÕES FUTURAS

Caso haja a possibilidade de continuar essa pesquisa, sugere-se a alteração no uso de alguns produtos químicos e processos de produção no que se relaciona aos dados de entrada e saída no SimaPro versão 5.2, de modo a identificar se haverá alterações nos resultados das categorias de impacto ambiental. Do ponto de vista ambiental, os estágios que mais contribuem para os impactos (por exemplo a etapa de produção) devem ser priorizado a receberem alterações, porque contribuirá significativamente para reduzir os impactos ambientais do produto, já que mudanças nas outras categorias significará uma redução não tão significativa desses impactos.

Uma alteração como essa acarretaria também em um provável estudo de custo e eficácia, levando em consideração os três pilares da sustentabilidade, que foca não só na questão ambiental, mas também na econômica e social.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14040:2009 – Gestão Ambiental – Avaliação do Ciclo de Vida – Princípios e Estrutura. Rio de Janeiro: 2ª Edição, 21 p. 2009.

AMORIM, G. **Avaliação Comparativa do Ciclo de Vida da Rolha de Cortiça Natural e de uma Técnica**. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2019. Dissertação de Mestrado.

APCOR – Portuguese Cork Association. *Rolhas Técnicas*, Portugal. 2018a. Disponível em: <http://www.apcor.pt/produtos/rolhas/rolhas-tecnicas/>. [Acesso em: 14 ago 2019].

APCOR - **Anuário de cortiça 17/18b**, 2018. Disponível em: <https://www.apcor.pt/portfolio-posts/anuario-1718/>. Acesso em 25/11/2019.

APCOR. – Diário Económico. Brasil: um mercado apetecível para a cortiça. Disponível em: <https://www.apcor.pt/media-center/noticia/brasil-um-mercado-apetecivel-para-a-cortica/>. Acesso em 09/12/2019.

ARANDA, ALFONSO. et. al. **Economic and Environmental Analysis of the Wine Bottle Production in Spain by Means of Life Cycle Assessment**; Inderscience: Geneva, Switzerland, 2005.

Boletim Mensal de Economia Portuguesa- BMEP. Gabinete de Planeamento, Estratégia, Avaliação e Relações Internacionais Ministério das Finanças. Lisboa, janeiro de 2019.

CAMPOLINA, J. M et. al. Uma revisão de literatura sobre softwares utilizados em estudos de Avaliação do Ciclo de Vida. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM**. Santa Maria, V. 19, n. 2, p. 735-750. Mai-ago. 2015.

CML-IA Characterisation Factors. Universiteit Leiden. Disponível em: <https://www.universiteitleiden.nl/em/research/research-output/science/cml-ia-characterisation-factors#features>. Acesso em 09/09/2019

COPELLO, M. Escola do vinho: Qual o melhor tipo de rolha. **Revista Adega**. Ed 41. São Paulo: INNER, 2009.

DEMERTZI, MARTA. et al. Cork stoppers supply chain: potential scenarios for environmental impact reduction. **Journal of Cleaner Production** 112 (2015).

Environmental Protection Agency. 1993. **Life Cycle Assessment: Inventory Guidelines and Principles**. EPA/600/R-92/245. Office of Research and Development. Cincinnati, Ohio, USA.

ESTRADA, Mafalda Maria Vieira Matutino Falcão. **A versatilidade da cortiça na arquitetura: aglomerado negro de cortiça expandida**. Lisboa: Universidade Lusíada de Lisboa, 2014. Dissertação de Mestrado.

FORTES, et. Al. **A Cortiça**. Lisboa: Ed IST Press, 2004.

Gil, L. **“A cortiça e o vinho”**, Edição INETI, Lisboa. 2006.

_____. **Cortiça – Produção, Tecnologia e Aplicação**. Ed INETI. Lisboa. 1998.

_____. **Cortiça: da produção à aplicação**. Seixal: Câmara Municipal do Seixal, 2005.

_____. **Proposta de Programas de Investigação Científica e de Formação Pós graduada, Área Tecnologia da Cortiça, Provas de Habilitação para o Exercício de Funções de Coordenação**, INETI, Lisboa. 2003

GOEDKOOOP, M. et al. **Introduction to LCA with SimaPro**. Report version: 5.2 2016 Disponível em <https://www.pre-sustainability.com/download/SimaPro8IntroductionToLCA.pdf>. Acesso em 09/09/2019.

Hauschild et al. (2013). Identifying best existing practice for characterization modeling in life cycle impact assessment. Int. **Journal of LCA** Volume 18, Issue 3, pp 683–697

Joint Research Centre – JRC. (2011). Recommendations based on existing environmental impact assessment models and factors for life cycle assessment in European context. (ILCD Handbook).

KLÖPFFER, W. **The role of SETAC in the development of LCA**. Int J LCA, 11 (1) (2006), pp. 116-122.

McMANUS, M. C. TAYLOR, C. M. The changing nature of life cycle assessment. **Elsevier**. Biomass and Bioenergy. V. 82, p.13-26, Novembro de 2015.

MENDES, N. C. et al. Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos. **SciELO**. Prod. V.26 n.1 São Paulo jan-mar. 2016.

OLIVEIRA, A. E OLIVEIRA, L. (2000). **A Cortiça**, Printer Portuguesa, Casais Men Martins, Rio de Mouro.

Pereira, H. M. et al. Uma avaliação dos serviços dos ecossistemas em Portugal. **Ecosistemas e Bem-Estar Humano – Resultados da Avaliação para Portugal**. Millennium Ecosystem Assessment, Capítulo 20, pp. 687-716. 2009.

Portuguese Cork Association, APCOR – **Percorso Industrial das Rolhas Naturais, 2018**. [Online]. Disponível em: <http://www.apcor.pt/cortica/processo-dettransformacao/percurso-industrial/rolhas-naturais/>. [Acesso em: 21/09/2019]

PWC/ECOBILAN. **Evaluation of the environmental impacts of Cork Stoppers versus Aluminium and Plastic Closures, Analysis of the life cycle of Cork, Aluminium and Plastic Wine Closures Report**. Report prepared for CORTICEIRA AMORIM, SGPS, SA. 2008.

RIVES, J. et al. **Environmental evaluation by means of LCA of champagne cork stopper production**. Universitat Autònoma de Barcelona, Chemical Engineering Department, (Cerdanyola del Vallès), Barcelona, Spain. 2011.

RUIZ, M. et al. **Documentation of changes implemented in the ecoinvent database** www.ecoinvent.org Technoparkstrasse 1 8005 Zürich, Switzerland v3.5 (2018.08.23). Disponível em:

https://www.ecoinvent.org/files/change_report_v3_5_20180823.pdf. Acesso em 09/09/2019.

S. GONZÁLEZ-GARCÍA et al. Life-cycle assessment of typical Portuguese cork oak woodlands, **Sci. Total Environ.**, vol. 452–453, pp. 355–364, 2013

SIGARDO, JOSÉ MANUEL GOMES. **Controlo de Qualidade numa Unidade Corticeira**. Instituto Politécnico de Tomar. Mestrado em Tecnologia Química. Portugal, 2011.

SILVA, R. P. M. **Avaliação do Ciclo de Vida Da Rolha de Cortiça Natural**. Dissertação de Mestrado em Engenharia do Ambiente. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, Portugal, 2009.

Simapro Database Manual. Disponível em: <https://simapro.com/wp-content/uploads/2019/02/DatabaseManualMethods.pdf>. Acesso em 12/09/2019.

Simapro. Disponível em: <https://simapro.com/>. Acesso em 09/09/2019.

TANNOUS, SIMONE. GARCIA, ANICE. Histórico e Evolução da Educação Ambiental, através dos Tratados Internacionais sobre o Meio Ambiente. **Nucleus**, v.5, n.2, out. 2008.

ANEXO A

INVENTÁRIO

Gestão Florestal

Input/Output	Rolha Natural	Rolha Técnica	Unidade
	Quantidade		
Input			
Bases de dados:			
Área cultivada ¹	0,0141	0,0072	ha
Carbonato de Cálcio ²	3,02E-5	1,53E-5	kg
Fósforo ²	1,13E-3	5,72E-4	kg
Potássio ²	7,53E-4	3,81E-4	kg
Enxofre ²	6,79E-5	3,44E-5	kg
Zinco ²	1,51E-5	7,65E-6	kg
Boro ²	1,51E-5	7,65E-6	kg
Diesel ³	0,5640	0,2856	kg
Poda e Desbaste ⁴	9,33E-3	4,72E-3	hr
Output			
Cortiça extraída	70,7	35,8	kg
Emissões para o ar:⁵			
BC	6,27E-4	3,17E-4	kg
CH ₄	4,91E-5	2,48E-5	kg
CO	6,47E-3	3,28E-3	kg
CO ₂	1,7822	0,9024	kg
N ₂ O	7,67E-5	3,88E-5	kg
NH ₃	4,51E-6	2,28E-6	kg
NMVOC	2,00E-3	1,01E-3	kg
NO _x	0,0194	9,84E-3	kg
PM ₁₀	1,08E-3	5,46E-4	kg
PM _{2.5}	1,08E-3	5,46E-4	kg
TSP	1,08E-3	5,46E-4	kg
Cádmio	5,64E-9	2,86E-9	kg
Cobre	9,59E-7	4,85E-7	kg
Crómio	2,82E-8	1,43E-8	kg
Níquel	3,95E-8	2,00E-8	kg
Selênio	5,64E-9	2,86E-9	kg
Zinco	5,64E-7	2,86E-7	kg
Benz(a)antraceno	4,51E-8	2,28E-8	kg
Benzo(b)fluoranteno	2,82E-8	1,43E-8	kg
Dibenzo(a,h)antraceno	5,64E-9	2,86E-9	kg
Benzo(a)pireno	1,69E-8	8,57E-9	kg
Criseno	1,13E-7	5,71E-8	kg
Fluoranteno	2,54E-7	1,29E-7	kg
Fenantreno	1,41E-6	7,14E-7	kg

1. Impactes ambientais associados à utilização do terreno para o cultivo dos Sobreiros, estimados pelo programa SimaPro versão 8.5.2 (Pré Consultants, 2017).
2. Valores médios de fertilizantes e corretores de solo estimados a partir da consulta a produtores florestais e informação bibliográfica; impactes ambientais associados a cada um dos compostos.[13]
3. Diesel consumido pelas máquinas agrícolas utilizadas nas etapas de Corta-Mato, Gradagem e Fertilização.
4. Horas de trabalho nas operações de Poda e Desbaste, considerando o consumo de Diesel por parte das motosserras e suas emissões.
5. Emissões para o ar resultantes da combustão do Diesel consumido pelas máquinas agrícolas utilizadas nas etapas de Corta-Mato, Gradagem e Fertilização; estes valores foram calculados com base nos fatores de emissão para "Agriculture/Forestry/Fishing: Off-road vehicles & other machinery" disponíveis em EMEP-CORINAIR (2016).[44]

Preparação da cortiça

	Rolha Natural	Rolha Técnica	
Input/Output	Quantidade		Unidade
Input			
Cortiça extraída ¹	35,4	17,9	kg
Água do poço	0,0877	0,0443	m ³
Bases de dados:			
Corte da cortiça extraída ²	7,36E-3	3,72E-3	hr
Caldeira a Gás Propano ³	14,8711	7,5195	kWh
Energia Elétrica	1,8601	0,9406	kWh
Output			
Cortiça trabalhada rolhável ⁴	23,0	11,6	kg
Refugo ⁵	12,4	6,3	kg
Tratamentos aplicados:			
Tratamento biológico do efluente da Cozedura/Esalda	0,0877	0,0443	m ³
Deposição em aterro das lamas geradas na ETAR	0,1388	0,0702	kg
Emissões para a água:⁶			
Cloretos (750 mg/L)	6,58E4	3,32E4	mg
CQO (Carência Química de Oxigénio) (180 mg/L)	1,58E4	7,97E3	mg
Azoto amoniacal (5 mg/L)	439	222	mg
Azoto total (5 mg/L)	439	222	mg
Fósforo total (5 mg/L)	439	222	mg

1. Cortiça extraída de qualidade superior, com exclusão dos delgados e subprodutos que são encaminhados para a indústria aglomeradora.

2. Operação de Corte da cortiça extraída, em termos de tempo tomado, e ao consumo de Diesel por parte das motosserras e suas emissões.

3. Utilização da caldeira a gás propano, para aquecimento da água nos processos de Cozedura e Escalda, e ao consumo de gás por parte da caldeira e suas emissões.

4. Cortiça trabalhada rolhável, selecionada na operação de Traçamento.

5. O refugo é encaminhado para o Prestador e posteriormente para a unidade fabril responsável pela produção de rolhas técnicas.

6. Emissões para a água associadas ao efluente gerado nos processos de Cozedura/Esalda, já tratado pela ETAR da empresa, que posteriormente é despejado no esgoto e tratado pela ETAR municipal.

Produção da rolha de cortiça natural

Input/Output	Quantidade	Unidade
Input		
Cortiça trabalhada rolhável ¹	23,0	kg
Água do poço	0,0200	m ³
Bases de dados:		
Óleo lubrificante ²	0,0308	kg
Peróxido de Hidrogénio ³	0,8424	kg
Emulsão de Copolímero Vinil-acrílico (Tinta branca) ³	0,0147	kg
Hidróxido de Sódio ³	0,1144	kg
Silicatos de Sódio ³	0,0899	kg
Hidrogenocarbonato de Amónio (Sais de Amónio) ³	0,0937	kg
Ácido Sulfâmico ³	0,0453	kg
Sulfossuccinato de Éter Monolauril Dissódico ³	0,0190	kg
Enzima catalisadora de H ₂ O ₂ ³	0,0011	kg
Revestimento de base aquosa ³	0,1580	kg
Álcool Etilico ³	0,0495	kg
Gás Natural ⁴	7,1982	kWh
Energia Elétrica	4,3038	kWh
Output		
1000 rolhas de cortiça natural (UF)	3,6	kg
Apara	16,1	kg
Apara Especial	0,7	kg
Água ⁵	1,6	kg
Pó de cortiça ⁶	0,4	kg
Rolhas com defeitos ⁶	0,6	kg
Tratamentos aplicados:		
Tratamento químico do efluente da Lavação	0,0200	m ³
Deposição em aterro das lamas geradas na ETAR	0,0463	kg
Emissões para a água:⁷		

Input/Output	Quantidade	Unidade
Output		
CBO ₅ (Carência Bioquímica de Oxigênio) (450 mg/L)	9,00E3	mg
CQO (Carência Química de Oxigênio) (650 mg/L)	1,30E4	mg
Fenóis (0,1 mg/L)	2,00	mg
Sólidos Suspensos Totais (25 mg/L)	500	mg

1. Cortiça trabalhada rolhável, selecionada na operação de Traçamento.
2. Consumo de óleo lubrificante utilizado nas operações de Rabaneação e de Brocagem das rolhas.
3. Utilização de reagentes químicos nos processos de Lavação, Desodorização (Innocork®) e Revestimento (ou Maquilhagem) das rolhas.
4. Consumo de Gás Natural, em caldeiras para aquecimento de água e nos processos de secagem das rolhas, e suas emissões.
5. Água gerada nos processos de secagem das rolhas, totalmente vaporizada; foi também desconsiderada da avaliação de impactes ambientais e apenas contabilizada nos balanços de massa.
6. Todos os subprodutos gerados foram desconsiderados da avaliação de impactes ambientais e apenas incluídos nos balanços de massa. O pó de cortiça pode ser aproveitado para queima e produção de calor em caldeiras, enquanto que as rolhas defeituosas podem ser encaminhadas para a indústria de aglomerados.
7. Emissões para a água associadas ao efluente gerado no processo de Lavação, já tratado pela ETAR da empresa, que posteriormente é despejado no esgoto e tratado pela ETAR municipal.

Produção da rolha de cortiça técnica

Input/Output	Quantidade	Unidade
Input		
Refugo, Aparas e Aparas Especiais ¹	14,8	kg
Água do poço	0,0355	m ³
Bases de dados:		
Óleo Parafínico ²	0,1255	kg
Microesferas expansivas ²	0,1609	kg
Cola Aglutinante ²	1,6119	kg
Hidrogenocarbonato de Amónio (Sais de Amónio) ³	0,0895	kg
Peróxido de Hidrogénio ³	0,0181	kg
Ácido Sulfâmico ³	0,1587	kg
Gás Natural ⁴	33,6608	kWh
Energia Elétrica consumida pelo Prestador	7,67E-3	kWh
Energia Elétrica consumida pela Cork Supply	12,0731	kWh
Output		
Perdas no Prestador ⁵	8,1	kg
Granulado de outras dimensões ⁵	0,8	kg
Pó e Granulado fraco ⁵	0,4	kg
Perdas na Remoagem da CSP ⁵	0,5	kg
Granulado nas rolhas com defeito ^{5, 6}	0,1	kg
(Rolhas com defeito) ⁷	(~0,1)	kg

Input/Output	Quantidade	Unidade
Output		
Granulado nas poeiras ^{5,6}	0,9	kg
(Poeiras) ⁷	(1,2)	kg
Granulado nas 1000 rolhas de cortiça técnicas (UF) ⁶	4,0	kg
(1000 rolhas de cortiça técnicas (UF)) ⁷	(5,5)	kg
Tratamentos aplicados:		
Tratamento químico do efluente da Lavação	3,33E-4	m ³
Deposição em aterro das lamas geradas na ETAR	0,0152	kg
Emissões para a água:⁸		
Sólidos Suspensos Totais (64 mg/L)	21,3	mg
CQO (Carência Química de Oxigênio) (290 mg/L)	96,6	mg
CBO ₅ (Carência Bioquímica de Oxigênio) (38 mg/L)	12,7	mg
Fenóis (0,36 mg/L)	0,12	mg
Cloretos (128 mg/L)	42,6	mg

1. Subprodutos resultantes das etapas de Preparação da cortiça e da Produção das rolhas naturais, que depois de moídos constituem a matéria-prima das rolhas técnicas; o granulado produzido representa 72,63% das rolhas.

2. Utilização dos constituintes das rolhas técnicas (Óleo parafínico 1,81%, Microesferas expansivas 2,32% e Cola aglutinante 23,24%).

3. Utilização de reagentes químicos no processo de Lavação das rolhas.

4. Consumo de Gás Natural, em caldeiras para aquecimento de água e nos processos de secagem das rolhas, e suas emissões.

5. Todos os subprodutos gerados foram desconsiderados da avaliação de impactos ambientais e apenas incluídos nos balanços de massa.

6. Apenas está contabilizada a massa do granulado que constitui as 1000 rolhas técnicas, as poeiras e as rolhas com defeito, o que representa cerca de 72,63% da massa total.

7. Massa total das rolhas e das poeiras com a contabilização dos outros constituintes (Óleo parafínico, Microesferas e Cola aglutinante).

8. Emissões para a água associadas ao efluente gerado no processo de Lavação, já tratado pela ETAR da empresa, que posteriormente é despejado no esgoto e tratado pela ETAR municipal.

Acabamento da rolha de cortiça natural

Input/Output	Quantidade	Unidade
Input		
1000 rolhas de cortiça natural (UF) ¹	3,6	kg

Bases de dados:

Input/Output	Quantidade	Unidade
Input		
Tinta da Marcação ²	0,0013	kg
Água da companhia ³	0,2787	kg
Silicone ⁴	0,0150	kg
Parafina ⁴	0,0120	kg
Dióxido de Enxofre ⁵	0,0005	kg
Energia Elétrica	1,2567	kWh
Output		
1000 rolhas de cortiça natural (UF) ⁶	3,6	kg

1. Rolhas de cortiça natural sem Acabamento Final.
2. Utilização da tinta no processo de Marcação.
3. Utilização de água municipal no processo de Humidificação das rolhas.
4. Utilização de Silicone e Parafina no processo de Tratamento de superfície.
5. Utilização de Dióxido de Enxofre no processo de Embalamento.
6. Rolhas de cortiça natural após a etapa de Acabamento Final.

Acabamento da rolha de cortiça técnica

Input/Output	Quantidade	Unidade
Input		
1000 rolhas de cortiça técnicas (UF) ¹	5,5	kg
Bases de dados:		
Tinta da Marcação ²	0,0013	kg
Elastômero de Silicone ³	0,0150	kg
Dióxido de Enxofre ⁴	0,0005	kg
Energia Elétrica	1,2567	kWh
Output		
1000 rolhas de cortiça técnicas (UF) ⁵	5,5	kg

1. Rolhas de cortiça técnicas sem Acabamento Final.
2. Utilização da tinta no processo de Marcação.
3. Utilização de Elastômero de Silicone no processo de Tratamento de superfície.
4. Utilização de Dióxido de Enxofre no processo de Embalamento.
5. Rolhas de cortiça técnicas após a etapa de Acabamento Final.

Transporte

	Rolha Natural	Rolha Técnica	
Input/Output	Quantidade		Unidade
Input			
Bases de dados:			
Transporte da cortiça extraída do Alentejo para o Montijo (Terrestre)	2,12	1,07	tkm
Transporte da cortiça trabalhada rolhável/Refugo do Montijo para S. Paio de Oleiros/S. João de Vêr (Terrestre)	7,13	1,95	tkm
Distribuição para EUA			
Terrestre	0,05	0,08	tkm
Férreo	0,55	0,84	tkm
Marítimo	23,90	36,60	tkm
Terrestre	0,11	0,17	tkm
Input			
Distribuição para França			
Terrestre	4,40E-5	6,72E-5	tkm
Aéreo Intracontinental	1,73E-3	2,64E-3	tkm
Distribuição para Itália			
Terrestre	8,84E-5	1,35E-4	tkm
Aéreo Intracontinental	5,63E-3	8,61E-3	tkm
Distribuição para EUA			
Terrestre	0,01	0,02	tkm
Aéreo Intracontinental	0,36	0,55	tkm
Aéreo Intercontinental	2,33	3,56	tkm
Terrestre	0,02	0,03	tkm
Distribuição para França (Terrestre)	0,51	0,78	tkm
Distribuição para Itália (Terrestre)	0,73	1,12	tkm
Distribuição para Portugal (Terrestre)	0,14	0,22	tkm
Distribuição para Espanha (Terrestre)	0,51	0,78	tkm

Fim de vida

	Rolha Natural	Rolha Técnica	
Input/Output	Quantidade		Unidade
Input			
1000 rolhas de cortiça natural (UF)	3,6	5,5	kg
Output			
Opções de Fim de Vida:			
Deposição em aterro	2,7106	4,1411	kg
Incineração	0,8894	1,3589	kg

ANEXO B – APÊNDICE

Interface para inserção de dados no Simpro versão 5.2 – Gestão Florestal da rolha natural

Produtos

Sub-compartmento	Quantidade	Unidade	Grandeza	Alocação %	Tipo de residuo	Categoria	Comentário
Saídas conhecidas para a esfera tecnológica. Produtos e co-produtos Gestão Florestal	70,7	kg	Mass	100 %	não definido	...\\Carbon content biogeni	

Entradas

Sub-compartmento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 ou 2^SD	Mín	Máx	Comentário
Entradas conhecidas da natureza (recursos)							
Land use (grassland, pasture and range)	0,0141	m ²	Indefinido				
Calcium carbonate	3,02E-5	kg	Indefinido				
Phosphorus	1,13E-3	kg	Indefinido				
Potassium	7,53E-4	kg	Indefinido				
Zinc	1,51E-5	kg	Indefinido				
Sulfur	6,79E-5	kg	Indefinido				
Boron	1,51E-5	kg	Indefinido				
Entradas conhecidas da esfera tecnológica (materiais/combustíveis)							
Diesel [Europe without Switzerland] petroleum refinery operation Alloc Def. U	0,5640	kg	Indefinido				

Saídas

Sub-compartmento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 ou 2^SD	Mín	Máx	Comentário
Emissões para o ar							
Carbon black	6,27E-4	kg	Indefinido				

Universidade do Porto | 8.5.2.0 PHD | 27/03/2019 10:18

Interface para inserção de dados no Simpro versão 5.2 – Preparação da rolha técnica

C:\Users\vp201811080\Desktop\Update830b; ACV cork - [Editar material processo '2. Preparação da cortiça RN']

Arquivo Editar Calcular Ferramentas Janela Ajuda

Documentação Entradas/Saídas Parâmetros Descrição do sistema

Entradas	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 ou 2^SD	Min	Máx	Comentário
Water, unspecified natural origin, medium water stress (Insira linha aqui)		0,0877	m3	Indefinido				
Entradas conhecidas da esfera tecnológica (materiais/combustíveis) Cork, raw (PT); cork forestry Alloc Def, U (Insira linha aqui)		35,4	kg	Indefinido	SD^2 ou 2^SD	Min	Máx	Comentário
Entradas conhecidas da esfera tecnológica (electricidade/calor) Electricity, high voltage (PT); production mix Alloc Def, U (Insira linha aqui)		1,8601	kWh	Indefinido	SD^2 ou 2^SD	Min	Máx	Comentário

Saídas

Emissões	Sub-compartimento	Quantidade	Unidade	Distribuição	SD^2 ou 2^SD	Min	Máx	Comentário
Emissões para o ar (Insira linha aqui)								
Emissões para a água								
Chlorides, unspecified		6,58E4	mg	Indefinido	SD^2 ou 2^SD	Min	Máx	Comentário
COD, Chemical Oxygen Demand		1,58E4	mg	Indefinido	SD^2 ou 2^SD	Min	Máx	Comentário
Ammonia, as N		439	mg	Indefinido	SD^2 ou 2^SD	Min	Máx	Comentário
Nitrogen, total		439	mg	Indefinido	SD^2 ou 2^SD	Min	Máx	Comentário
Phosphorus, total		439	mg	Indefinido	SD^2 ou 2^SD	Min	Máx	Comentário
Emissões para o solo (Insira linha aqui)								
Fluxos finais de resíduo								
Wood waste (Insira linha aqui)		12,4	kg	Indefinido	SD^2 ou 2^SD	Min	Máx	Comentário
Emissões não materiais (Insira linha aqui)								
Questões sociais (Insira linha aqui)		III						

Universidade do Porto 8.5.2.0 PhD 17:31 27/03/2019