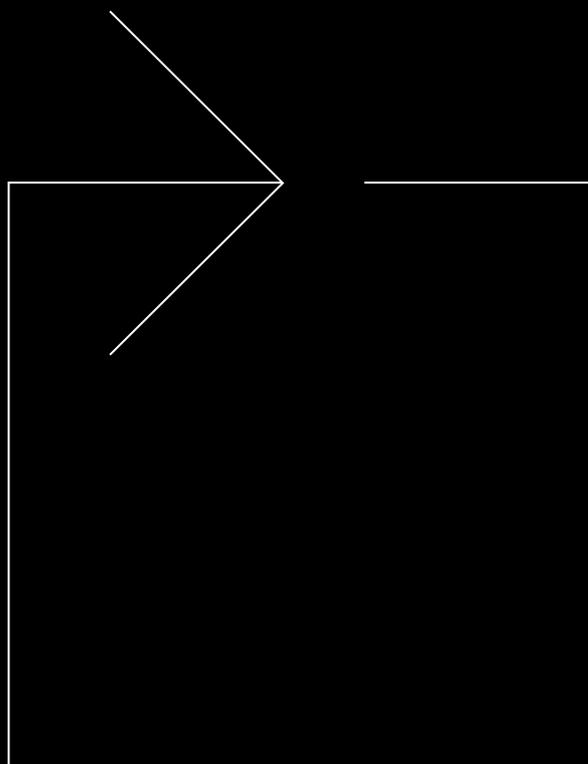


# Avaliação do Ciclo de Vida

Placas Cerâmicas  
para Revestimento  
*[média nacional]*



INDÚSTRIA BRASILEIRA  
DE PLACAS CERÂMICAS  
PARA REVESTIMENTO

REALIZAÇÃO



PROMOVIDO POR



INDÚSTRIA BRASILEIRA DE PLACAS  
CERÂMICAS PARA REVESTIMENTO

## **AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA PLACAS CERÂMICAS PARA REVESTIMENTO [MÉDIA NACIONAL]**

NAVEGUE:

A ANFACER

A Iniciativa ANFACER + Sustentável

Panorama do Setor

Panorama da construção sustentável

Avaliação do ciclo de vida: revestimento cerâmico

### **CAPÍTULO 1**

Definição de objetivo e escopo

- > Processos Elementares do Sistema
- > Alocação – Tratamento das Situações de Multifuncionalidade

### **CAPÍTULO 2**

Inventário do ciclo de vida

### **CAPÍTULO 3**

Avaliação de impacto do ciclo de vida

### **CAPÍTULO 4**

Análise crítica dos resultados

- > Análise dos impactos

### **CAPÍTULO 5**

Conclusões

Referências bibliográficas

Expediente



# APRESENTAÇÃO

Este documento tem como principal objetivo a apresentação do estudo da Avaliação de Ciclo de Vida do revestimento Cerâmico. Estudo este setorial de grande relevância para a Iniciativa Anfacer + Sustentável por prover uma contabilização dos impactos da produção dos revestimentos cerâmicos, permitindo assim ações e investimentos focados na minimização dos impactos negativos.

Além disso, este documento é destinado aos profissionais da Construção Civil Sustentável, por entregar conteúdo técnico sólido e relevante para projetos com princípios sustentáveis e que buscam certificações nacionais e internacionais. A partir dos dados desse estudo consumidores poderão realizar escolhas mais conscientes. e a indústria cerâmica terá maior facilidade para desenvolver declarações ambientais próprias, enriquecendo a comunicação verde transparente do setor.

**Esta é mais uma publicação  
da Iniciativa Anfacer + Sustentável.**

**Boa leitura!**



# A ANFACER

A Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres (ANFACER) desempenha um papel fundamental no posicionamento da indústria brasileira como um dos principais *players* mundiais do segmento.

Por conta de sua capacidade de articulação política e institucional, visão estratégica e orientação para os resultados, a ANFACER conquistou, ao longo dos anos, avanços significativos no desenvolvimento do setor, no incremento de sua competitividade e na ampliação de mercados. Destaque para:

## PARCERIA ESTRATÉGICA

A APEX-BRASIL é um apoiador estratégico das iniciativas de internacionalização da indústria brasileira de revestimento cerâmico.

## EVENTO GLOBAL

A EXPO REVESTIR é um dos mais importantes eventos do segmento cerâmico mundial, desempenhando o papel de principal instrumento de promoção e ampliação setorial de mercado para a indústria brasileira.

■ **A internacionalização do segmento**, com a incorporação de valores de competências e competitividade no contexto global;

■ **O compromisso com a conformidade técnica**, o aprimoramento dos processos de normalização, o estímulo à certificação de produtos e processos, bem como a participação ativa em comitês técnicos internacionais;

■ **O fortalecimento da marca da cerâmica brasileira** por meio de iniciativas que agregam valor, o desenvolvimento de *design* com identidade nacional, a promoção comercial e a presença em eventos setoriais;

■ **A valorização do conhecimento** – técnico, de legislação, do mercado nacional e internacional, dentre outros aspectos estratégicos – como diferencial competitivo, promovendo sua ampla difusão no setor cerâmico com o uso intensivo de recursos tecnológicos de gestão de informações e bases de dados.

É nesse contexto que a ANFACER volta sua atenção e seus esforços para a Iniciativa Anfacer + Sustentável, um programa que tem o objetivo de inserir a sustentabilidade na gestão e estratégia das empresas do setor.



# A INICIATIVA ANFACER + SUSTENTÁVEL

Para transformar o setor de revestimento cerâmico, impulsionando a incorporação de critérios socioambientais na gestão e na estratégia das suas empresas, a ANFACER criou a Iniciativa Anfacer + Sustentável.

O objetivo desse amplo programa é permitir que as empresas brasileiras agreguem valor ambiental e valor social ao negócio, ao mesmo tempo em que geram resultados econômicos. Dessa maneira, o setor reforça sua liderança global e ganha diferencial competitivo nos mercados nacional e internacional.

A transparência na divulgação de informações sociais, ambientais e econômicas faz parte da Iniciativa, compromisso que passa pelo engajamento das lideranças, o alinhamento a princípios de sustentabilidade e o atendimento de requisitos básicos de gestão e *compliance*.

A Iniciativa ganha ainda mais relevância em função do papel que a indústria brasileira de cerâmica desempenha no segmento da construção, setor que gera grandes impactos no cenário nacional.

Outro ponto importante é que a Iniciativa também gera valor para outros *stakeholders*, pois é uma plataforma de diálogo e de celebração de parcerias com arquitetos e designers de interiores, engenheiros e construtores, revendedores e público consumidor em geral.

O trabalho, que se iniciou em 2016 com a realização de ações técnicas e a elaboração de documentos, entrou em uma nova fase em 2019, focada no engajamento das empresas associadas. A participação dos fabricantes contribui para o posicionamento da cerâmica brasileira nos mercados nacional e internacional, além de melhorar a gestão e impulsionar a inovação.



## DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

As seguintes publicações foram lançadas pela Iniciativa Anfacer + Sustentável:

- Avaliação do Ciclo de Vida – Placas Cerâmicas para Revestimento [média nacional];
- Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE);
- Tabela Ambiental®;
- Guia para Sustentabilidade.

Todas as publicações estão disponíveis no *site*: [www.iniciativaanfacer.com.br](http://www.iniciativaanfacer.com.br).



# AGENDA 2030

Por sua relevância, o setor brasileiro de cerâmica pode contribuir com a Agenda 2030, um ambicioso plano de ação para as pessoas, o planeta e a prosperidade de todos, a ser alcançado nos próximos anos.

A Agenda 2030 nasceu em setembro de 2015, quando os 193 países-membros da Organização das Nações Unidas (ONU) celebraram o compromisso com a Agenda, seus 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e suas 169 metas.

A atuação do setor privado é fundamental para o atingimento dos ODS e a Iniciativa Anfacer + Sustentável apoia e promove essa agenda por contar com recursos humanos e financeiros para o enfrentamento de tamanho desafio. Também impulsiona o engajamento do setor em torno desse desafio global.

## **SAIBA+**

Conheça a Iniciativa Anfacer + Sustentável:  
[www.iniciativaanfacer.com.br](http://www.iniciativaanfacer.com.br)



# PANORAMA DO SETOR

O Brasil desempenha um papel de liderança no mercado mundial de cerâmicas, ocupando o posto de terceiro maior produtor global.

Com capacidade de produção instalada de 1.055 milhões de m<sup>2</sup>, a média de vendas nos últimos anos foi de 800 milhões de m<sup>2</sup>, dos quais 706 milhões foram distribuídos no mercado interno e 94 milhões, exportados.

O fato de a indústria brasileira se valer de duas tecnologias de fabricação (via seca e via úmida) confere mais competitividade em relação a outros países, ancorados em um único método de produção.

Além de ter diferencial estratégico e números significativos, a indústria brasileira também é referência mundial em eficiência energética e hídrica.

**790 MILHÕES DE M<sup>2</sup> É A PRODUÇÃO  
BRASILEIRA DE REVESTIMENTOS CERÂMICOS**

**1.055 MILHÕES DE M<sup>2</sup> É A CAPACIDADE  
PRODUTIVA INSTALADA**

**US\$ 344,5 MILHÕES FOI O VALOR  
DAS EXPORTAÇÕES BRASILEIRAS DE  
REVESTIMENTOS CERÂMICOS**

**93 EMPRESAS DO SETOR  
60 ASSOCIADAS À ANFACER**

**22,5 MILHÕES DE PEÇAS PRODUZIDAS**

**26 UNIDADES FABRIS EM 8 ESTADOS**

**25 MIL EMPREGOS DIRETOS**

**200 MIL EMPREGOS INDIRETOS**

\*DADOS DE 2017



# PANORAMA DA CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL

A construção civil representa aproximadamente 15% do PIB brasileiro, incluindo materiais, serviços e a construção em si. Além da importância econômica dessa atividade, existem diversos impactos ambientais e sociais associados, tais como a geração de resíduos, a extração de recursos naturais, a emissão de gases de efeito estufa e a ocupação do solo.

Diante desse cenário, foram criadas certificações ambientais com o intuito de orientar e avaliar o desempenho ambiental de edifícios. As certificações atualmente mais conhecidas são a LEED® (Leadership in Energy and Environmental Design) e a AQUA-HQE. Ambas promovem a escolha consciente de materiais da construção para reduzir a pegada ambiental dos edifícios,

fazendo uso da Avaliação do Ciclo de Vida como ferramenta de quantificação de impactos ambientais. Portanto, a realização deste estudo setorial fornece aos fabricantes conteúdo técnico e metodológico para que desenvolvam sua Declaração Ambiental do Produto, apresentando em detalhes seus impactos e diferenciais, tornando possível ao consumidor e especificador realizar uma escolha consciente.

Somada à vantagem de favorecer a construção sustentável, a ACV setorial colabora com a Iniciativa Anfacer + Sustentável em identificar seus pontos de melhorias para que o setor invista em processos e produtos que maximizem os impactos positivos e minimizem os negativos. É a inovação para a sustentabilidade empresarial.

A realização deste estudo setorial possibilita aos fabricantes emitir sua **Declaração Ambiental do Produto**, além da documentação favorecer o construtor e o projetista na **obtenção de pontuação no processo de certificação**.



# Cerâmica: conexão direta com a sustentabilidade

A sustentabilidade é a capacidade de prosperar e se perpetuar no tempo. Essa definição também pode ser usada para caracterizar a cerâmica.

A sua fabricação é a mais antiga das indústrias – as primeiras peças foram produzidas de 10 a 15 mil anos atrás. Os utensílios eram utilizados para armazenar água, alimentos e sementes, essenciais à sobrevivência do homem.

Hoje, momento em que o desenvolvimento sustentável é cada vez mais importante para as pessoas, os negócios e a sociedade, a cerâmica brasileira se destaca por seus atributos de sustentabilidade.

## MODULARIDADE

A ampla variedade de formatos geométricos dos revestimentos cerâmicos permite trabalhar com a modularidade adequada do ambiente desejado, reduzindo cortes, perdas e geração de resíduos.

## APLICABILIDADE

A cerâmica serve para uma diversidade de aplicações: de revestimentos a acessórios, para uso em planejamento urbano, no interior ou no exterior de edificações. A variedade de formas, tipologias, cores e acabamentos permite instalações criativas e personalizadas, resultando em projetos que associam durabilidade a beleza.

## DURABILIDADE

Além de ser resistente a condições climáticas extremas, a impacto de produtos químicos, fogo, água, umidade, mudanças de temperatura e raios UV, a cerâmica tem vida útil superior a 50 anos.

## LIMPEZA

A manutenção e a limpeza do revestimento cerâmico são simples e, na maioria das vezes, basta usar apenas água e produtos neutros. A fácil manutenção contribui para a redução de custos de consumo ao longo da vida útil do produto.

## MATRIZ ENERGÉTICA

A indústria brasileira possui um parque fabril moderno, com grande eficiência energética e uso de gás natural. Na década de 1990, a indústria substituiu o óleo e o carvão pelo gás natural em quase sua totalidade.

## CONTRIBUIÇÃO PARA A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

As placas cerâmicas colaboram para o conforto térmico de uma edificação, além de serem próprias para sistemas de fachadas ventiladas, o que gera reduções de consumo de energia acima de 30% nas edificações.

## CONSUMO DE ÁGUA

O consumo de água da indústria nacional é um dos mais reduzidos em comparação com outros produtores mundiais. No uso, a fácil limpeza também promove redução de consumo de água em seu ciclo de vida.

## EFICIÊNCIA PRODUTIVA

As plantas fabris brasileiras têm alta eficiência produtiva, o que resulta em menor consumo de recursos naturais e menor geração de resíduos.



## RECICLÁVEL

As placas cerâmicas são materiais inertes, fabricados a partir de matérias-primas naturais e que não agredem à natureza no final do seu ciclo de vida. Além disso, a maioria das fábricas reutiliza todos seus resíduos como matéria-prima de volta no processo de fabricação.

## USO DE RESÍDUOS

O mercado oferece placas cerâmicas que usam materiais reciclados, pré- e pós-consumo. Isso representa um benefício ambiental por conta da redução de resíduos sólidos. O setor tem cases de incorporação de resíduos de outros setores como louças, vidro, lâmpadas, entre outros.

## ZERO ALERGÊNICOS

Diferentemente de outros revestimentos, a cerâmica é sólida e não promove meio de proliferação de ácaros, bactérias, fungos, mofo e outros alergênicos. Sua superfície de fácil limpeza colabora enormemente com esse aspecto.

## ZERO COVS

A cerâmica é inorgânica, emitindo zero compostos orgânicos voláteis. Os COVs, emitidos por praticamente todos os outros tipos de piso, são gases nocivos que podem causar dores de cabeça, náuseas e irritação no nariz, olhos e garganta.

## ZERO FORMALDEÍDO

As cerâmicas não contêm aglomerantes, comuns a outros revestimentos, como o formaldeído, geralmente encontrado em produtos que contêm painéis de fibras de densidade média, compensados e aglomerados. O formaldeído leva a um aumento da incidência de asma, particularmente em crianças e idosos.

## ZERO PVC

A cerâmica é livre de PVC, uma resina usada em outros revestimentos para melhorar a flexibilidade mecânica e a estabilidade ao calor. O PVC contém ftalatos e organoestanhos, produtos cujo uso tem gerado preocupação e discussão entre os especialistas em saúde.

## ANTIDERRAPANTE

Há uma variedade de acabamentos antiderrapantes e texturas disponíveis para o revestimento cerâmico, tornando o produto uma opção para a segurança ao uso.

## RESISTENTE AO FOGO

A cerâmica não é inflamável, o que significa que não produz fumaça em um incêndio, reduz a propagação de chamas, pois não queima e não libera fumaça tóxica.

## RESPONSABILIDADE

A indústria nacional reúne empresas comprometidas com a formalidade, o respeito às normas, às leis e aos regulamentos. As unidades fabris estão diretamente envolvidas na criação de valor compartilhado nas regiões em que atuam.



# AValiação DO CICLO DE VIDA: REVESTIMENTO CERÂMICO

## Um estudo setorial

O presente relatório tem por finalidade apresentar o perfil de desempenho ambiental calculado para a fabricação de placas cerâmicas para revestimento a partir das rotas tecnológicas via úmida e via seca, de acordo com dados primários do mercado brasileiro. A análise foi desenvolvida com base na técnica da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma ferramenta de gestão ambiental que tem por objetivo compilar os impactos ambientais de um produto, processo ou serviço ao longo do seu ciclo de vida.

Com o objetivo de ampliar o nível de informação do setor de cerâmica para revestimentos, a Associação Nacional dos Fabricantes de Cerâmica para Revestimentos, Louças Sanitárias e Congêneres (ANFACER) incorporou em seu Programa de Sustentabilidade o desenvolvimento da Avaliação do Ciclo de Vida Setorial, a partir da qual as empresas poderão comparar o perfil de impacto de seus produtos com a média brasileira.

Os resultados dessa iniciativa caracterizam-se como entrega final do projeto realizado junto à ANFACER, que compõe a primeira fase do Programa de Sustentabilidade dessa mesma Associação.

## INTRODUÇÃO

A ACV pode ser entendida como uma técnica quantitativa de análise, voltada à determinação dos impactos ambientais associados ao exercício da função de um produto, processo ou serviço (SILVA e KULAY, 2006). Por essa razão, a ferramenta foi escolhida para a estruturação das atividades realizadas para o presente estudo.

As características metodológicas da ACV foram normalizadas pela International Organization for Standardization – ISO (ABNT, 2009a), com-

pondo a série ISO 14040. Segundo essa norma, estudos de ACV são estruturados em quatro fases operacionais, quais sejam:

- [1] **Definição de Objetivo e Escopo;**
- [2] **Análise de Inventário;**
- [3] **Avaliação de Impacto;**
- [4] **Interpretação dos Resultados.**

Essas fases aparecem encadeadas de maneira lógica e iterativa como mostra a Figura 1 indicada a seguir.

**FIGURA 1**  
ESTRUTURA DE ANÁLISE DO CICLO DE VIDA



A primeira etapa é a **Definição de Objetivo e Escopo**, que compreende as condições de contorno e possíveis hipóteses necessárias para desenvolvimento da análise. Em termos estruturais, a norma ABNT NBR ISO 14040 (2009a) detalha essa fase em 14 elementos.

A etapa de **Análise do Inventário do Ciclo de Vida** caracteriza-se por ser um procedimento sistemático, gradual e objetivo, que visa quan-

tificar os fluxos de matéria e energia no ciclo de vida. Os dados utilizados nessa etapa podem ser obtidos a partir de determinações de campo (dados primários), efetuadas junto aos processamentos em análise, ou por meio de literatura (dados secundários).

O produto final desse processo corresponde a um quadro sinótico, no qual os valores de consumo de recursos naturais e energéticos,



bem como de emissões para o ar, água e solo resultantes do exercício da função previamente estabelecida para o produto em análise, encontram-se quantificados e remetem à Unidade Funcional ou, quando for o caso, ao Fluxo de Referência.

Na sequência, na etapa de **Avaliação de Impactos** são calculadas as magnitudes e significâncias dos impactos potenciais do produto. As estimativas realizadas nessa etapa da metodologia resultam na formulação do Perfil de Impacto Ambiental.

Na AICV é realizada a Classificação qualitativa dos fluxos elementares de matéria e energia em relação às categorias de impacto. Essa atividade é necessária dado que um mesmo fluxo elementar pode contribuir para impactos distintos. Após a classificação, os resultados obtidos no inventário são correlacionados quantitativamente na etapa de Caracterização. A quantificação dos resultados para cada categoria de impacto é calculada a partir de

fatores de referência, os quais magnificam a contribuição de fluxos elementares para o efeito ambiental a que estes se associam. Algebricamente os fatores de equivalência são expressos na forma de um composto de referência para a categoria em análise.

Classificação e Caracterização são procedimentos obrigatórios da AICV.

Por último, o conjunto de indicadores das categorias de impacto constitui o perfil ambiental do produto, a ser analisado na última fase da ACV, de Interpretação dos Resultados. Essa etapa objetiva combinar, resumir e discutir as constatações da Análise de Inventário e da Avaliação de Impacto, de maneira iterativa aos objetivos e escopo da ACV, bem como da natureza e da qualidade dos dados coletados para o estudo. Além disso, a **Interpretação de Resultados** se encarrega de identificar temas de relevância ambiental, avaliando os resultados para o estabelecimento de recomendações, limitações e conclusões.

## Considerando a estrutura metodológica exposta pela ISO 14.040, este trabalho foi realizado em quatro etapas:

- > Definição do Objetivo e Escopo – *Capítulo 1*
- > Inventário do Ciclo de Vida – *Capítulo 2*
- > Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida – *Capítulo 3*
- > Análise Crítica dos Resultados – *Capítulo 4*

Por último, no Capítulo 5, Conclusões, são apresentados os principais avanços realizados pela pesquisa. São também expostas circunstâncias que influíram de alguma forma no resultado final proporcionado pelo estudo, ou seja, as limitações e recomendações, bem como sugestões para futuros desenvolvimentos.



# CAPÍTULO 1

# DEFINIÇÃO DE OBJETIVO E ESCOPO

Este capítulo apresenta as definições de objetivo e escopo fixadas para o desenvolvimento deste estudo e realização dos balanços mássicos e energéticos pertinentes à etapa de Inventário do Ciclo de Vida. Todas as premissas definidas foram validadas e estão balizadas em Regras de Categoria de Produto internacionais, especial-

mente naquelas publicadas pelo Instituto Bauen und Umwelt e pela Environdec.

Com base nessas Regras de Categoria, a seguir são conceituadas e descritas as definições de escopo utilizadas na realização deste estudo de ACV.

CATEGORIA	DEFINIÇÕES
Escopo	Placas Cerâmicas para Revestimentos
Regra de Categoria	Conjunto específico de requisitos e diretrizes – definidas por equipes multidisciplinares – para o desenvolvimento de Declarações Ambientais de Produto baseadas em Avaliação do Ciclo de Vida, conforme a ISO 14025:2006, para uma ou mais categorias de produtos.  Instituto Bauen und Umwelt e.V. (IBU) - PCR for Ceramic Tiles and Panels  Fonte: <a href="https://epd-online.com/Pcr/PdfDownload/5332">https://epd-online.com/Pcr/PdfDownload/5332</a>
Normas de referências	ISO 14040, 14044, 14025 e EN 15804:2012
Função do sistema de produto	Estabelece o uso do produto em análise e qual sua função. Usualmente a função é expressa por uma ação passível de quantificação.  A aplicação da técnica de ACV para o presente caso compreendeu uma abordagem do tipo “berço-ao-portão”. Dessa forma, a função definida para o estudo foi “produzir placas cerâmicas para revestimento”.



CATEGORIA		DEFINIÇÕES
<b>Fronteiras do sistema de produto</b>	Determina a abrangência do estudo em relação ao sistema natural, a outros sistemas (como produção de insumos e subprodutos), e às fronteiras geográfica, temporal e de bens de capital (infraestruturas que serão incorporadas). Nesse sentido, a fronteira delimita o conjunto de processos elementares que proporcionam o atendimento da função previamente definida e que modela o ciclo de vida de um produto.	Berço ao portão da fábrica, em função das incertezas dos dados secundários relacionados às etapas subsequentes e da abrangência de atuação da ANFACER.
<b>Sistema de produto</b>	Conjunto de processos elementares conectados entre si por meio de fluxos materiais e energéticos, a partir do qual será realizada a função previamente definida.  Compreende-se na metodologia de ACV, os sistemas conforme quadro a seguir (Sistemas da ACV).	O sistema de produto será composto pelos processos elementares A1 e A2, sendo o processo A3 subdividido conforme rota tecnológica via seca e via úmida (preparação da massa; moagem; secagem/atomização; prensagem; secagem; esmaltação; sinterização; classificação; retificação; embalagem).
<b>Dados complementares quanto ao Sistema de Produto</b>		
<b>Unidade Funcional (UF)</b>	De acordo com a norma ABNT NBR ISO 14044 (ABNT, 2009b), a Unidade Funcional (UF) é definida como o desempenho quantificado de um sistema de produto para uso como uma unidade de referência.	Produzir 1m <sup>2</sup> de placas cerâmicas para revestimento.
<b>Fluxo de referência</b>	Quantidade de produto necessária para atender à unidade funcional estabelecida para o estudo. Assim, o fluxo de referência está diretamente relacionado ao desempenho técnico do produto no atendimento de sua função.	De acordo com diversos dados fornecidos pelos fabricantes participantes do estudo, a massa média das placas é de 17,5 kg/m <sup>2</sup> .
<b>Cobertura temporal</b>	Período de tempo adotado no levantamento de dados primários	Dados médios de produção do ano de 2015
<b>Critérios de exclusão de dados</b>	Rotinas quantitativas utilizadas para selecionar os fluxos elementares a serem considerados em cada processo elementar que compõe o sistema de produto. De acordo com a ABNT NBR ISO 14040 (2009), os critérios de exclusão podem ser baseados nas representatividades mássicas e energéticas dos fluxos de entrada e saída.	Poderão ser desconsiderados fluxos de massa ou energia cuja contribuição seja inferior a 1%, limitado a um valor acumulativo máximo de 5%.  + Análise de relevância ambiental



CATEGORIA		DEFINIÇÕES
<b>Procedimentos de alocação</b>	<p>Conjunto de procedimentos que buscam distribuir as contribuições dos fluxos de entrada e saída e, conseqüentemente, os impactos ambientais associados a estes, em processamentos que geram simultaneamente mais do que um produto, caracterizando uma situação de "multifuncionalidade".</p> <p>Para tanto, são empregados critérios diversos, baseados em componentes físicos – massa, volume e capacidade calorífica –, ou mesmo de valor econômico dos bens ou serviços analisados (BAUMANN e TILLMAN, 2004; ABNT, 2009b).</p>	<p>A alocação deverá ocorrer sempre que o processo gerar mais de um produto ou quando um único processo for compartilhado por diferentes produtos.</p> <p>A alocação deverá ocorrer a partir de critérios físicos (mássicos ou energéticos).</p>
<b>Requisitos de qualidade</b>	<p>Especifica as características dos dados necessários para que o estudo atenda a seus objetivos. Os requisitos de qualidade incluem principalmente parâmetros como: extensão da série histórica dos dados coletados; área geográfica em que os processamentos antrópicos ocorrem; tecnologias envolvidas; precisão, completeza e representatividade dos dados; reprodutibilidade dos métodos usados ao longo da ACV; fonte dos dados e incertezas da informação.</p>	<p>Dados primários foram utilizados para a etapa de manufatura das placas cerâmicas para revestimentos.</p> <p>Dados secundários de literatura e banco de dados foram utilizados para as etapas antecessoras à manufatura das placas, sempre considerando as características da indústria brasileira.</p>

## SISTEMAS DA ACV

MANUFATURA DO PRODUTO		CONSTRUÇÃO		USO								TÉRMINO DO CICLO				RECICLAGEM
Matéria-prima	Transporte	Manufatura	Transporte até o consumidor	Montagem	Uso	Manutenção	Reparo	Reposição	Remodelação	Energia – operação	Água – operação	Desconstrução	Transporte	Processamento do resíduo	Disposição final	Reciclagem
<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>	<b>B1</b>	<b>B2</b>	<b>B3</b>	<b>B4</b>	<b>B5</b>	<b>B6</b>	<b>B7</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>D</b>

Quanto ao sistema de produto, todas as etapas da linha principal do processo de fabricação da placa cerâmica de revestimento foram contempladas no estudo, além dos processamentos de

elementos que alimentam diretamente esse processo, sempre considerando o critério de uniformidade de dados para efeito de modelagem.



## **Independentemente da rota tecnológica praticada para a manufatura das placas, o sistema de produto pode ser dividido em oito etapas:**

- [1]** Preparação da massa;
- [2]** Prensagem;
- [3]** Secagem;
- [4]** Preparação do esmalte;
- [5]** Esmaltação;
- [6]** Sinterização (queima);
- [7]** Classificação e/ou retífica e/ou polimento;
- [8]** Embalagem e estocagem.

Em função dos diferentes controles adotados pelas empresas participantes do estudo para levantamento de dados de consumo de água, energia, emissão de poluentes atmosféricos e

resíduos, todas as etapas de manufatura foram agrupadas em um único processo elementar, denominado "produção de placas cerâmicas para revestimento".

## **Adicionalmente, foram incluídos como processos elementares do sistema de produto:**

- [1]** Extração das matérias-primas;
- [2]** Extração de gás natural e petróleo;
- [3]** Extração e produção de embalagens;
- [4]** Refino de petróleo para produção de diesel;
- [5]** Extração de carvão mineral – apenas para a rota via úmida.

Entre cada subsistema foram levantados os aspectos e impactos referentes aos transportes em seus diversos modais, incluindo os modelos rodoviário, dutoviário, transoceânico e ferroviário.

Isto posto, nas Figuras 2 e 3 são apresentadas as formas esquemáticas dos sistemas de produto da manufatura de placas cerâmicas para revestimento, para cada uma das rotas tecnológicas.

FIGURA 2

## FLUXOGRAMA DO SISTEMA DE PRODUTO DA PRODUÇÃO DE PLACAS CERÂMICAS PARA REVESTIMENTO – VIA SECA

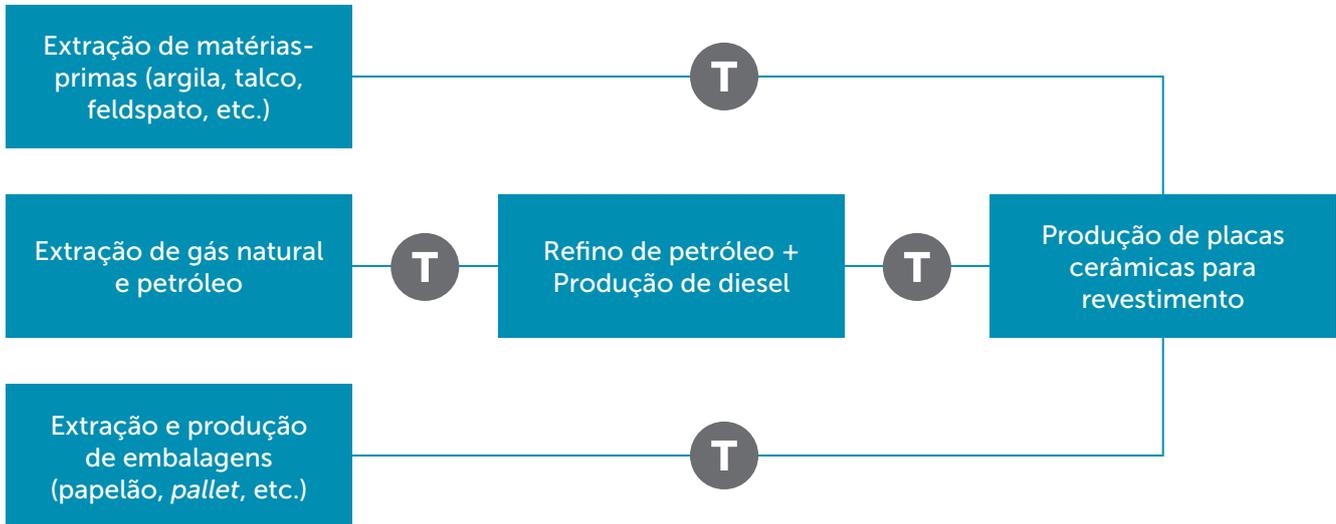
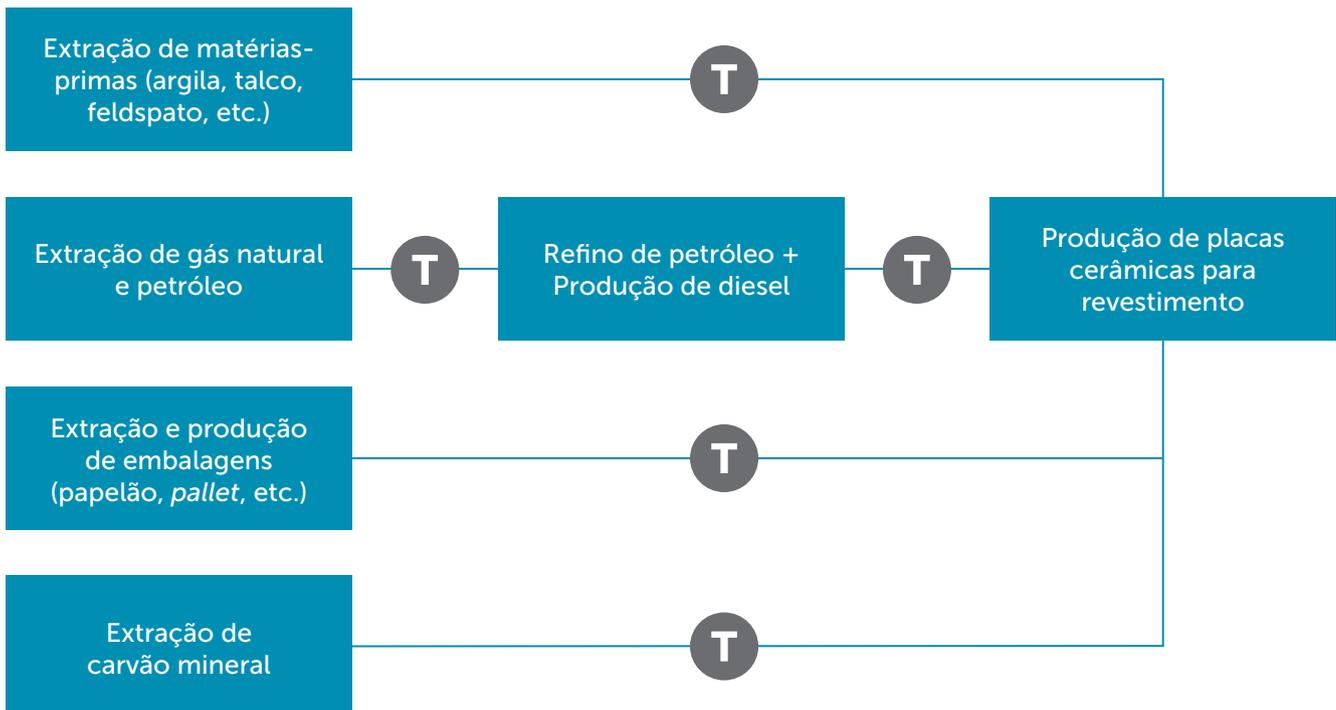


FIGURA 3

## FLUXOGRAMA DO SISTEMA DE PRODUTO DA PRODUÇÃO DE PLACAS CERÂMICAS PARA REVESTIMENTO – VIA ÚMIDA





# Processos Elementares do Sistema

Os subsistemas de **extração de matérias-primas**, gás natural e petróleo, contemplam todas as atividades para retirada dos recursos naturais do ambiente nas circunstâncias e condições em que elas ocorrem nos locais de procedência. O petróleo e o gás natural extraídos no Brasil são de origem predominantemente offshore, enquanto tais recursos, quando importados, são majoritariamente obtidos onshore (ANP, 2016).

O subsistema de **refino de petróleo** compreende operações de transformação de petróleo cru em recursos energéticos e não energéticos, cujo objetivo, para esse caso, é a produção de diesel para consumo nos sistemas de transporte e operação das unidades de fabricação de placas cerâmicas.

## A modelagem desta etapa ocorreu a partir da tecnologia média utilizada no Brasil, a qual compreende as seguintes etapas (ANP, 2017):

- (i) Sistema de aquecimento e dessalinização do petróleo cru;
- (ii) Destilação atmosférica;
- (iii) Destilação a vácuo;
- (iv) Craqueamento catalítico,
- (v) Coqueamento;
- (vi) Hidrotratamento.

Como mencionado antes, definiu-se que a cobertura tecnológica deveria refletir a tecnologia média de produção no Brasil no curso de toda a cadeia produtiva. No caso da produção de petróleo nacional, predomina a extração offshore em plataforma. Para os países importadores de petróleo, foram respeitadas as características e particularidades locais.

O **gás natural**, extraído majoritariamente em poços associados no país (ANP, 2016), é bombeado para vasos separadores, onde ocorre a retirada da água e separação dos hidrocarbonetos em estado líquido. O processo de purificação é complementado na etapa de depuração, na qual partículas líquidas e sólidas de hidrocarbonetos são removidas, para então ser encaminhado à unidade de adoçamento ou dessulfurização para remoção de enxofre. Nessa etapa, sistemas de

absorção química ou física são adotados para garantir ao final do processo um gás seco desacidificado, segundo as premissas da ANP, Regulamento Técnico nº 001/98 (SANTOS et. al., 2002). Após esse tratamento primário, o gás é enviado por meio de gasodutos até as Unidades de Processamento de Gás Natural (UPGN), onde é desidratado e fracionado (MELO, 2005). Tanto nas plataformas de extração quanto nas UPGNs, parte do gás natural é utilizada para alimentar o sistema de geração de energia das unidades produtoras (SANTOS et. al., 2002).

Dada à falta de informação com nível de precisão equivalente ao dispensado para os demais fluxos, admitiu-se como hipótese simplificadoria que aditivos e catalisadores empregados nos subsistemas de extração de petróleo e gás natural fossem recursos advindos do meio ambiente.



Para a produção de **diesel** foi adotada a rota de craqueamento catalítico fluido (FCC) para retratar a característica média brasileira.

A **extração e produção de embalagens** abrange todas as atividades pertinentes a obtenção de recursos naturais do meio para transformação e manufatura de embalagens utilizadas pela indústria de placas cerâmicas para revestimentos, incluindo: pallets e cantoneiras de madeira, filme de PVC, fita de arquear e papelão.

A **extração de carvão mineral** no Brasil compreende todo o processo de obtenção desse recurso para consumo nas unidades de fabricação das placas. As maiores reservas de carvão do país estão situadas na região Sul e contemplam carvão linhito e sub-betuminoso, cujo processo de mineração ocorre a partir da técnica de lavra a céu aberto.

A **geração de energia elétrica** foi caracterizada por banco de dados e adaptada para as condições brasileiras de acordo com a matriz energética disponibilizada no Balanço Energético Nacional (EPE, 2016) para o ano de 2015, conforme Tabela. Devido à insignificante contribuição da energia solar, essa fonte foi desconsiderada na análise.

## TABELA 1

### MATRIZ BRASILEIRA DE ENERGIA ELÉTRICA – ANO 2015

FONTE	CONSUMO TWH	CONTRIBUIÇÃO PERCENTUAL
Hidroelétrica	394,20	64,01%
Gás Natural	79,50	12,91%
Biomassa	49,00	7,96%
Derivados de petróleo	29,30	4,76%
Carvão e derivados	27,50	4,47%
Eólica	21,60	3,51%
Nuclear	14,70	2,39%
Solar	0,06	0,01%
<b>TOTAL</b>	<b>615,86</b>	<b>100%</b>

O **subsistema de transporte** interliga os subsistemas e etapas de transformação descritos anteriormente. Esses deslocamentos ocorrem segundo as mais variadas modalidades – rodoviário, dutoviário, transoceânico e ferroviário –, e se devem à circulação das matérias-primas e produtos intermediários entre unidades de fabricação.

O **transporte de petróleo** importado até o Brasil incorpora apenas o modal transoceânico. Com exceção dos dados referentes à “produção de placas cerâmicas para revestimento”, todos os demais subsistemas foram modelados com base em banco de dados existentes.



# Alocação – Tratamento das Situações de Multifuncionalidade

Em virtude dos bancos de dados adotados para o presente trabalho, o caráter de multifuncionalidade foi identificado na etapa de processamento de petróleo, para a qual se fez uso do recurso da alocação por critério energético para compartilhamento da carga de impacto ambiental referente ao diesel.

Para tanto, foram consideradas informações como (i) volume de produção de cada derivado de petróleo gerado no Brasil em 2015, (ii) densidade e (iii) Poder Calorífico Inferior desses mesmos intermediários (ANP, 2016) para cálculo dos fatores de alocação do diesel. Os resultados dessa análise são apresentados na Tabela 2 e aplicáveis para todas as análises verificadas por este estudo.

**TABELA 2**

## DETERMINAÇÃO DOS FATORES DE ALOCAÇÃO PARA O REFINO DE PETRÓLEO – DADOS MÉDIOS DE PRODUÇÃO NACIONAL COM BASE NO ANO DE 2015 (ANP, 2016)

DERIVADOS DE PETRÓLEO	PRODUÇÃO MÉDIA 2015 [m <sup>3</sup> ]	DENSIDADE [t/m <sup>3</sup> ]	MASSA [KG]	PODER CALORÍFICO INFERIOR [kcal/kg]	ENERGIA [kcal]	ALOCAÇÃO [%]
Asfalto	2,02E+06	1,03E+00	2,08E+09	9,79E+03	2,03E+13	2,01%
Coque	4,96E+06	1,04E+00	5,16E+09	8,39E+03	4,33E+13	4,29%
Gasolina A	2,69E+07	7,42E-01	2,00E+10	1,04E+04	2,08E+14	20,59%
Gasolina de Aviação	7,25E+04	7,26E-01	5,26E+07	1,06E+04	5,58E+11	0,06%
GLP	9,90E+06	5,52E-01	5,46E+09	1,11E+04	6,06E+13	6,01%
Lubrificante	6,40E+05	8,75E-01	5,60E+08	1,01E+04	5,66E+12	0,56%
Nafta	4,61E+06	7,02E-01	3,24E+09	1,06E+04	3,43E+13	3,4%
Óleo com-bustível	1,43E+07	1,01E+00	1,45E+10	9,59E+03	1,39E+14	13,77%
Óleo diesel	4,95E+07	8,40E-01	4,15E+10	1,01E+04	4,20E+14	41,59%
Outros energéticos	3,64E+05	8,64E-01	3,14E+08	1,02E+04	3,20E+12	0,32%
Outros não energéticos	2,68E+06	8,64E-01	2,32E+09	1,02E+04	2,37E+13	2,34%
Parafina	1,37E+05	8,20E-01	1,12E+08	1,04E+04	1,17E+12	0,12%
Querosene de aviação	5,66E+06	7,99E-01	4,52E+09	1,04E+04	4,70E+13	4,66%
Querosene iluminante	7,40E+03	7,99E-01	5,91E+06	1,04E+04	6,15E+10	0,01%
Solvente	3,58E+05	7,41E-01	2,65E+08	1,06E+04	2,81E+12	0,28%
<b>Total</b>	<b>1,22E+08</b>		<b>1,00E+11</b>	<b>-</b>	<b>1,01E+15</b>	<b>100%</b>

Obs.: Quaisquer outras alocações aplicadas foram resultado do uso de banco de dados para complementação do estudo em questão.



## CAPÍTULO 2

# INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA

Durante o período de 2016 a 2017, a ANFACER, em parceria com o Centro Cerâmico Brasileiro, e sob orientação do Centro de Tecnologia de Edificações, coletou junto às principais indústrias do setor de placas cerâmicas para revestimento dados primários do processo de manufatura, quanto a:

- > Quantidade;
- > Tipo e origem das matérias-primas;
- > Consumo, origem e fontes de água;
- > Consumo, origem e fontes de energia;
- > Quantidade de emissões atmosféricas;
- > Geração de resíduos sólidos e produção;
- > Modais de transporte das matérias-primas até às fábricas e internos às unidades de manufatura.

### COBERTURA TEMPORAL

A cobertura temporal definida para o projeto representa os dados médios de produção do ano de 2015 da indústria de placas cerâmicas para revestimentos. Desse modo, a busca por dados secundários para complementar as informações adotadas no Inventário do Ciclo de Vida também esteve centralizada em referências do mesmo ano, buscando garantir o maior grau possível de homogeneidade das informações.

As demais coberturas temporais estiveram condicionadas ao período de referência dos inventários disponibilizados nos bancos de dados. Dentro das condições impostas por este trabalho, entende-se que essa alternativa resulta no cenário mais homogêneo e consistente possível, objetivando aproveitar dados de processos elementares da literatura especializada.

### REQUISITOS DE QUALIDADE DE DADOS

Como diretriz inicial, estabeleceu-se que o estudo deveria refletir as tecnologias de maior recorrência no Brasil, bem como as características médias em termos de origem das matérias-primas.



A produção de placas cerâmicas para o ano de 2015 foi de 899,4 milhões de m<sup>2</sup>, dos quais 73,4% foram produzidos via seca e os demais 26,6% de m<sup>2</sup> por via úmida.

A Tabela 3, a seguir, apresenta o volume de produção participante do estudo, fornecendo in-

formações primárias sobre seus processos, bem como suas respectivas produções mensais para o ano de referência. Os números resultam em 26% de representatividade na rota via seca e 32% na rota via úmida, com um total de 27,6% de representação setorial.

### TABELA 3

#### REPRESENTATIVIDADE DO ESTUDO (ANO-BASE 2015)

INVENTÁRIO	VIA SECA	VIA ÚMIDA
Produção mensal (m <sup>2</sup> )	14.301.000	6.412.000
Volume total inventariado (milhões de m <sup>2</sup> )	171,6	76,9
Produção total (ano 2015)	659,8	239,6
Representatividade	26%	32%

#### COBERTURA GEOGRÁFICA

A cobertura geográfica compreende os estados de São Paulo e Santa Catarina para a produção de placas cerâmicas, bem como remete aos países fornecedores de petróleo e gás natural para o Brasil. Tais estados brasileiros concentram mais de 90% da produção nacional.

Quaisquer outras digressões de ordem geográfica que figurem nos modelos de sistema de produto foram introduzidas por conta da adoção de bancos de dados, utilizados no intuito de complementar o modelo dentro dos contornos em que ele está estabelecido.

#### COBERTURA TECNOLÓGICA

A cobertura tecnológica deve refletir a tecnologia média de produção no Brasil no curso de toda a cadeia produtiva. Logo, o estudo realizou a cobertura das duas rotas de fabricação nacionais majoritárias.



## CAPÍTULO 3

# AValiação DE IMPACTO DO CICLO DE VIDA

Após o término da fase de levantamento de dados primários, iniciou-se a montagem dos modelos de sistema de produto dos processos em si, cuja uniformização foi realizada com auxílio do **software SimaPro 8.2.3.0 – PRe Consultants**. Os fluxos de entrada e saída de cada processo elementar foram trabalhados de maneira a atender aos fluxos de referência definidos para as placas cerâmicas. A fim de complementar os dados com informações pertinentes à matriz energética brasileira, transportes, processos de extração das matérias-primas, entre outros, foram pesquisados dados secundários de fontes nacionais e internacionais seguras e precisas.

### MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO

Para análise dos impactos, os métodos utilizados foram o método ReCiPe Midpoint (H) V1.12 / Europe Recipe H, selecionado para operacionalizar a

etapa de Avaliação de Impactos Ambientais deste estudo de ACV. A versão Midpoint do ReCiPe proporciona a quantificação de impactos ambientais segundo 18 categorias de impacto ambiental, nas quais esses efeitos são modelados a partir de padrões físicos estabelecidos cientificamente.

Foram selecionadas dentro desse universo, dez categorias de impacto, a saber:

- > Mudanças Climáticas (MC)<sup>1</sup>;
- > Depleção da Camada de Ozônio (DO)<sup>2</sup>;
- > Acidificação Terrestre (AT)<sup>3</sup>;
- > Toxicidade Humana (TH)<sup>4</sup>;
- > Formação de Oxidantes Fotoquímicos (OF)<sup>5</sup>;
- > Formação de Material Particulado (MP);
- > Ocupação de Terras Agrícolas (TA);
- > Depleção de Água (DA);
- > Depleção de Recurso Fóssil (DF);
- > Eutrofização.

1. Mudanças Climáticas: representa o aumento da radiação infravermelha na superfície terrestre, proveniente em especial da crescente quantidade de CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>, aerossóis e outros gases na atmosfera, que impedem a dispersão dos raios solares.

2. Depleção da Camada de Ozônio: redução da camada de ozônio existente na estratosfera, que permite a passagem de radiação ultravioleta à superfície terrestre, aumentando a ocorrência de problemas de pele, doenças oculares e interferências no ecossistema.

3. Acidificação: ocorre a partir da emissão de substâncias solúveis em água que, em primeira instância, ocasionam na redução do pH das chuvas. Dentre as causas de ordem secundária, tem-se: a alteração do teor de acidez do solo e degradação de patrimônios e da vida aquática.

4. Toxicidade Humana: emissão de substâncias tóxicas no ar, solo ou água, como compostos aromáticos, metais, dentre outros, que podem causar problemas à saúde do homem quando inaladas ou ingeridas.

5. Formação Fotoquímica de Ozônio: nevoeiro decorrente da reação fotoquímica entre óxidos de nitrogênio e substâncias orgânicas voláteis, que podem diminuir a atividade de fotossíntese da flora pela redução de luminescência solar.



O processo de seleção do método usado para avaliação de impactos, e dentro deste, também dos modelos que descrevem as categorias de impactos, baseou-se em informações de literatura colhidas no *International Reference Life Cycle Data System Handbook* (EC-JRC, 2011) e no artigo publicado por Hauschild et al. (2013).

A escolha das categorias de impacto não analisadas no estudo foi balizada em critérios como imprecisão e inconsistência dos modelos de quantificação de impactos e insignificância ambiental.

A seguir estão detalhadas as premissas que balizaram a modelagem dos processos elementares e que deram suporte ao tratamento

de dados realizados para desenvolvimento da Avaliação do Ciclo de Vida – Placas Cerâmicas para Revestimento [média nacional].

## EXTRAÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

As matérias-primas necessárias para a manufatura da massa de placas cerâmicas variam significativamente em função da rota tecnológica. Desse modo, durante o processo de coleta de dados primários, foi solicitado que cada fabricante fornecesse as informações seccionadas por tecnologia de fabricação.

Os dados médios anuais obtidos para a fabricação de 17,5 kg de placas cerâmicas estão descritos a seguir na Tabela 4.

**TABELA 4**

## COMPOSIÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA FABRICAÇÃO DA MASSA

MATÉRIAS-PRIMAS	VIA SECA		VIA ÚMIDA	
	VALOR MÁSSICO [KG]	VALOR PERCENTUAL [%]	VALOR MÁSSICO [KG]	VALOR PERCENTUAL [%]
Argilas	18,03	99,9%	10,81	58,9%
Feldspato	-	-	3,77	20,5%
Caulim	-	-	0,97	5,3%
Calcário	-	-	0,58	3,2%
Talco	-	-	0,42	2,3%
Silicato de sódio	-	-	0,02	0,1%
Resíduo de processo	0,02	0,1%	1,79	9,7%
<b>TOTAL</b>	<b>18,05</b>	<b>100%</b>	<b>18,36</b>	<b>100%</b>

Grande parte das matérias-primas utilizadas na indústria cerâmica é natural. Após a mineração, os materiais são beneficiados, isto é, desagregados ou moídos, classificados de acordo com a granulometria e, por vezes, purificados. As argilas utilizadas na massa são extraídas, fundamentalmente, de jazidas próprias, de tal modo que os fluxos de entrada e saída de seu processamento foram contabilizados na manufatura da placa cerâmica.

Para as demais matérias-primas (caulim, talco e silicato de sódio) a contribuição no perfil de impacto está relacionada exclusivamente ao

transporte até a fábrica, devido ao baixo processamento e significância percentual e ambiental.

Devido à indisponibilidade de um inventário próprio para retratar o desempenho ambiental da extração de feldspato e calcário, foram adotadas as seguintes referências internacionais:

- > Feldspato: Feldspar {RoW} | production | Alloc Def, U (Ecoinvent v3.2);
- > Calcário: Limestone, crushed, washed {RoW} | production | Alloc Def, U (Ecoinvent v3.2).



Em ambos os casos, a matriz energética foi alterada para reproduzir a existente no Brasil em 2015.

Para o transporte rodoviário, foi adotado o modelo "Transport, lorry >32t, EURO 4/RER U", também do banco de dados Ecoinvent versão 3.2.

Após a extração, as matérias-primas são encaminhadas por modal rodoviário até as unidades fabris. O transporte é feito por caminhões, cuja capacidade varia de 16 a 33 toneladas. Em vista das informações recebidas, foram constatadas as seguintes distâncias médias entre o local de extração e as fábricas:

- > Argila (via seca): 20km
- > Demais ingredientes para a massa cerâmica – via úmida – 249 km
- > Matérias-primas para produção do esmalte – 257 km
- > Embalagens – 152 km

## EXTRAÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS NATURAL

Para elaborar o modelo desta etapa foram consideradas as definições descritas no Capítulo 1, Definição de Objetivo e Escopo, quanto à cobertura temporal, geográfica e tecnológica.

Para o desenvolvimento do inventário do subsistema de extração de petróleo, foram identificados os locais de origem do recurso consumido no Brasil – via volume processado no país –, bem como a procedência do recurso – extração onshore ou offshore. Assim, quanto à oferta de petróleo nacional, assumiu-se que a extração ocorreria offshore, uma vez que ela corresponde a 93% da produção do petróleo nacional (ANP, 2016). Porém, como o Brasil não é autossuficiente na extração do petróleo para consumo próprio, também foram consideradas as nações que fornecem tal recurso para o país, a fim de contabilizar as cargas ambientais para o presente estudo. A Tabela 5 apresenta o volume de carga processada nacional e internacional.

### TABELA 5

#### VOLUME DE CARGA PROCESSADA, SEGUNDO ORIGEM NACIONAL E IMPORTADA – 2015 (ANP, 2016)

ORIGEM PAÍS/REGIÃO	BARRIS/DIA	PERCENTUAL DE CONTRIBUIÇÃO	PERCENTUAL ACUMULADO DE CONTRIBUIÇÃO	PERCENTUAL DE CONTRIBUIÇÃO NORMALIZADA
Brasil	1.648.680	85,66%	85,66%	87,84%
Nigéria	163.446	8,49%	94,15%	8,71%
Arábia Sau-dita	64.779	3,37%	97,52%	3,45%
Iraque	16.174	0,84%	98,36%	-
Estados Unidos	12.401	0,64%	99%	-
Reino Unido	8.559	0,44%	99,45%	-
Austrália	5.905	0,31%	99,75%	-
Argélia	1.991	0,1%	99,86%	-
Guiné Equatorial	1.781	0,09%	99,95%	-
Argentina	782	0,04%	99,99%	-
Kuwait	194	0,01%	100%	-
Trinidad e Tobago	<b>2</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>	-
<b>Total</b>	<b>1.924.693</b>	<b>100%</b>	<b>-</b>	<b>100%</b>



Assim, para a modelagem do processo elementar de extração de petróleo, foram selecionados por critério de contribuição cumulativa mássica, os seguintes países: Brasil, Nigéria e Arábia Saudita. O mesmo procedimento aplicado ao petróleo foi

utilizado para a identificação da origem e procedência de gás natural. Os dados de consumo de gás natural por origem nacional e importada aparecem discriminados na Tabela 6.

## TABELA 6

### PRODUÇÃO CONSUMIDA DE GÁS NATURAL, SEGUNDO ORIGEM NACIONAL E IMPORTADA – 2015 (ANP, 2016)

ORIGEM PAÍS/REGIÃO	BARRIS/DIA	PERCENTUAL DE CONTRIBUIÇÃO	PERCENTUAL ACUMULADO DE CONTRIBUIÇÃO	PERCENTUAL DE CONTRIBUIÇÃO NORMALIZADA
Brasil	24.861,00	67,72%	67,72%	68,03%
Bolívia	11.684,00	31,82%	99,54%	31,97%
Argentina	<b>169,00</b>	<b>0,46%</b>	<b>100%</b>	-
<b>Total</b>	<b>1.924.693</b>	<b>67,72%</b>	-	<b>100%</b>

Isto posto, no que se refere ao gás natural, foram considerados para a modelagem a produção offshore em poços associados no Brasil e a produção onshore na Bolívia.

#### TRANSPORTE

Após a extração, o petróleo (tanto de origem nacional como importada) é encaminhado à unidade de refino por oleodutos e ou por navios para os terminais petroquímicos, para então ser recebido nos terminais marítimos. Nenhuma perda de material no transporte realizado por oleodutos foi considerada para efeito da modelagem desses deslocamentos.

As distâncias do transporte marítimo foram simuladas com o auxílio de ferramentas de georreferenciamento que consideram rotas de transporte regulares constantes no AliceWEB (2017). A partir dessa análise, verificou-se que a distância média percorrida do petróleo oriundo da Nigéria e da Arábia Saudita para o Brasil é, respectivamente, de 4.733 e 8.498 milhas náuticas.

Segundo Vianna (2006), a perda de óleo cru no transporte transoceânico é estimada em 0,83%.

Desse modo, o volume do recurso transportado foi calculado a partir da média aritmética entre o total de material que deixa o porto de origem, e aquele que chega ao porto de destino, gerando uma emissão de 8,30 g de óleo cru por quilo de material transportado.

O transporte de gás natural da Bolívia para as refinarias no Brasil é realizado pelo gasoduto GASBOL. Segundo dados da TBG (2017), o gasoduto GASBOL opera em alta pressão, a fim de transportar o gás proveniente da Bolívia para os estados de Mato Grosso do Sul, São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Considerando que os maiores centros produtivos de placas cerâmicas estão localizados em São Paulo e Santa Catarina, foram levantadas as distâncias médias de transporte de gás natural boliviano para essas localidades, as quais foram de 1.979 km e 2.103 km respectivamente.

#### BANCO DE DADOS

Em virtude da ausência de dados primários para o processo de extração de petróleo no Brasil, considerou-se por referência a extração de petróleo offshore na Noruega. Essa decisão foi



tomada em função da semelhança tecnológica que tal processamento demonstra com relação às práticas exercitadas no Brasil. As informações contidas no inventário foram obtidas no banco de dados Ecoinvent versão 3.2 e a origem da eletricidade consumida no processo foi ajustada para equivaler às condições brasileiras de 2015.

Com relação ao petróleo importado, foram identificados, também na base de dados Ecoinvent, os datasets que melhor retratavam as práticas exercitadas nos países exportadores do ativo fóssil que foram contemplados por este estudo. Portanto, a tecnologia de extração onshore da Nigéria [NG] foi compulsoriamente escolhida para representar a obtenção do insumo no país, enquanto a extração onshore do Oriente Médio [RME] foi adotada para a Arábia Saudita.

Para o caso do gás natural extraído no Brasil, foi selecionado o estudo desenvolvido para a extração offshore de gás associado na Grã-Bretanha, o qual inclui as emissões relacionadas ao processamento, consumo de energia e transporte do gás para a costa. A matriz energética desse inventário foi adaptada para representar as condições brasileiras de 2015.

Em contrapartida, os aspectos ambientais do gás natural extraído da Bolívia estão balizados no inventário desenvolvido para a extração onshore de gás natural não associado na Alemanha, cujas emissões estão calculadas para as etapas de extração e processamento.

Os códigos de identificação para os inventários utilizados estão apresentados na Tabela 7.

## TABELA 7

### BANCOS DE DADOS UTILIZADOS PARA MODELAR A EXTRAÇÃO DE PETRÓLEO

ORIGEM PAÍS/REGIÃO	BARRIS/DIA
Petróleo – Brasil	Petroleum {NO}  petroleum and gas production, off-shore   Alloc Def, U
Petróleo – Nigéria	Petroleum {NG}  petroleum and gas production, on-shore   Alloc Def, U
Petróleo – Arábia Saudita	Petroleum {RME}  production, onshore   Alloc Def, U
Gás natural – Brasil	Natural gas, at production offshore/GB
Gás natural – Bolívia	Natural gas, at production onshore/DE U

## REFINO DE PETRÓLEO – PRODUÇÃO DE DIESEL

Atualmente, as refinarias modernas brasileiras compõem processos de separação física e conversão química, dispondo das seguintes etapas de transformação e processamento:

- > Sistema de aquecimento e dessalinização do petróleo cru;
- > Destilação atmosférica e a vácuo;
- > Craqueamento catalítico fluido, coqueamento;
- > Hidrotratamento.

É na etapa de hidrotratamento que tanto o que-rosene quanto o diesel, este último utilizado para transporte e manufatura das placas cerâmicas, são produzidos.

## TRANSPORTE

O diesel produzido nas refinarias é encaminhado por oleodutos até os terminais de distribuição mais próximos das fábricas de placas cerâmicas e, dos terminais, chega por meio de caminhões-tanques. O transporte via oleoduto só ocorre na ausência de uma unidade de refino nas proximidades dos polos industriais.



Desse modo, por exemplo, para a região de Santa Gertrudes, considerou-se que o diesel tem origem direta da Refinaria do Planalto Paulista (REPLAN), localizada em Paulínia (SP).

Como premissa para a contabilização dos impactos resultantes do transporte de diesel, foram quantificados os aspectos ambientais exclusivamente do transporte rodoviário. Para tanto, foi utilizada uma distância média percorrida de 124 km.

### BANCO DE DADOS

A falta de um conjunto de inventários específico que descrevesse o desempenho ambiental da tecnologia de refino de petróleo impôs a busca por dados secundários que expressassem de maneira adequada as cargas ambientais associadas a esse processamento. A partir de critérios objetivos, relacionados às coberturas tecnológica e temporal, selecionou-se o inventário Crude oil, in refinery/kg/US junto à base de dados USL-CI. As razões para essa opção estão diretamente ligadas à semelhança do modelo tecnológico de refino adotado para confecção do mesmo inventário, com aquela praticada em termos médios pelas refinarias brasileiras durante a cobertura temporal do estudo.

O referido banco de dados compõe-se dos seguintes estágios de refino:

- (i) Dessalgação;
- (ii) Destilação;
- (iii) Coqueamento;
- (iv) Craqueamento catalítico;
- (v) Hidrotratamento.

Ressalta-se que a matriz energética do modelo foi alterada para condizer à característica de geração existente no Brasil para o ano de 2015.

### EXTRAÇÃO DE MATÉRIAS-PRIMAS E PRODUÇÃO DE EMBALAGEM

O consumo de embalagens na indústria cerâmica é acentuado, contemplando volumes expressivos de madeira para pallet, papelão e filmes plásticos. Portanto, durante o processo de definição da fronteira do sistema de produto, foi definido com a ANFACER que os aspectos referentes à extração e manufatura desses materiais deveriam ser contabilizados no perfil de impacto ambiental das placas cerâmicas. A quantidade desses recursos consumidos por m<sup>2</sup> de placa cerâmica está detalhada na Tabela 8.

**TABELA 8**

### CONSUMO DE EMBALAGEM POR M<sup>2</sup> DE PLACA CERÂMICA PRODUZIDA

MATÉRIAS-PRIMAS	VIA SECA		VIA ÚMIDA	
	VALOR MÁSSICO [KG]	VALOR PERCENTUAL [%]	VALOR MÁSSICO [KG]	VALOR PERCENTUAL [%]
Madeira	0,15	45,2%	0,16	54,6%
Papelão	0,10	30,1%	0,12	41%
Filme plástico	0,08	24,1%	0,01	3,4%
Grampo metálico	0,002	0,6%	0,003	1%
<b>TOTAL</b>	<b>0,332</b>	<b>100%</b>	<b>0,293</b>	<b>100%</b>



Durante o processo de coleta de dados, observou-se uma variação significativa no montante de embalagem consumida pelas indústrias participantes do estudo. Nesse contexto, diante de todos os dados primários utilizados, este é o que apresenta maior tendência de fragilidade, ou seja, insegurança de informação.

## TRANSPORTE

Após a extração e manufatura, as embalagens são encaminhadas por modal rodoviário até as unidades fabris. O transporte é feito por caminhões, cuja capacidade varia de 14 a 32 toneladas. Com base nas informações recebidas, constatou-se que a distância média entre os fornecedores e as indústrias de placas cerâmicas é de 257 km.

Para o cálculo dessa distância foram consideradas as quantidades de embalagens e a localização dos fornecedores para cada uma das indústrias participantes deste estudo, utilizando-se a média ponderada entre esses indicadores para a obtenção da quilometragem.

## BANCO DE DADOS

Devido a inexistência de dados primários dos diversos fabricantes de embalagens, bem como a ausência de referências nacionais nos bancos de dados de estudos de ACV, foram pesquisados datasets médios mundiais que representassem as condições de extração e manufatura das embalagens. Os modelos adotados para o estudo estão identificados na Tabela 9.

## TABELA 9

### BANCOS DE DADOS UTILIZADOS PARA REPRESENTAR EXTRAÇÃO E MANUFATURA DE EMBALAGENS

INSUMO	BANCO DE DADOS - ECOINVENT
Madeira – <i>pallets</i>	Corrugated board box {RoW}  corrugated board box production   Alloc Def, U
Papelão	Wood, indoor use, at plant/m <sup>3</sup> /RER
Filme plástico	Packaging film, LDPE, at plant/kg/RER

## PRODUÇÃO DE PLACAS CERÂMICAS PARA REVESTIMENTO

Tal como descrito anteriormente, a produção nacional de placas cerâmicas para revestimentos é realizada por duas rotas tecnológicas distintas (via seca e via úmida), as quais refletem em produtos com matérias-primas, consumos energéticos e de água diferentes. Para desenvolvimento do ICV desta etapa, foram analisados os inventários disponibilizados pelas indústrias parti-

cipantes, compatibilizando as informações para a obtenção de valores médios nacionais para cada um dos processos produtivos.

## CONSUMO DE RECURSOS

A Tabela 10 apresenta resumidamente os recursos naturais, materiais e energéticos consumidos para a manufatura de 1 m<sup>2</sup> de placa cerâmica para revestimento.

**TABELA 10**

**CONSUMO DE RECURSOS NATURAIS, MATERIAIS E ENERGÉTICOS PARA A FABRICAÇÃO DE 1 M<sup>2</sup> DE PLACA CERÂMICA, POR ROTA TECNOLÓGICA**

RECURSO NATURAL, ENERGÉTICO E MATERIAL	UNIDADE	VIA SECA	VIA ÚMIDA
Argilas	kg	18,03	10,81
Feldspato	kg	-	3,77
Caulim	kg	-	0,97
Calcário	kg	-	0,58
Talco	kg	-	0,42
Silicato de sódio	kg	-	0,02
Resíduo de pro-cesso	kg	0,02	1,79
Madeira	kg	0,15	0,16
Papelão	kg	0,10	0,12
Filme plástico	kg	0,08	0,01
Grampo metálico	kg	0,002	0,003
Carvão mineral	kg	-	0,21
Diesel	litros	0,01	0,01
Energia elétrica	kWh	2,24	2,3
Gás natural	m <sup>3</sup>	1,15	1,77
Água	litros	6,42	25,18

**EMISSIONES DO PROCESSO PRODUTIVO**

As principais emissões atmosféricas do processo de fabricação das placas cerâmicas estão especialmente relacionadas aos processos de prensagem e combustão. No primeiro, foi constatada a emissão de materiais particulados a uma taxa aproximada de 1% do total de matérias-primas que entram no processo de prensagem. Já na combustão, são emitidas quantidades significati-

vas de dióxido de carbono, óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre (em virtude do gás natural) e ácido fluorídrico, além de água e nitrogênio.

Para a quantificação dos gases emitidos no processo de combustão, foram realizados balanços estequiométricos, considerando que o gás natural é composto, em média, por 75% de carbono e 25% de hidrogênio. Ainda de acordo com a Portaria N<sup>o</sup> 41, de 15 de abril de 1998, da



Agência Nacional do Petróleo, o teor máximo de enxofre no gás natural deve ser de 80 mg/m<sup>3</sup> e, portanto, essa concentração foi utilizada para cálculo de emissões de dióxido de enxofre.

As emissões de ácido fluorídrico e óxidos de nitrogênio foram fornecidas nos inventários elaborados pelas indústrias participantes.

Além das emissões atmosféricas, também são gerados efluentes líquidos nas atividades de prensagem e limpeza da unidade fabril. Esse efluente é direcionado para um sistema de tratamento, de modo que as características da água tratada seguem as especificações apresentadas na Tabela 11.

### TABELA 11

#### COMPOSIÇÃO DA CORRENTE DE SAÍDA DO SISTEMA DE TRATAMENTO DE EFLUENTE

COMPOSIÇÃO DA CORRENTE DE SAÍDA	CONCENTRAÇÃO (MG/L)
Sólidos totais	4793,33
Boro	1,52
Cádmio	0,007
Chumbo	0,022
Cobre	0,007
Manganês	0,232
Sólidos suspensos	15,17
Sólidos sedimentáveis	0,383



## CAPÍTULO 4

# ANÁLISE CRÍTICA DOS RESULTADOS

Os Inventários do Ciclo de Vida elaborados para as placas cerâmicas para revestimento via úmida e via seca foram compostos por fluxos elementares, em função das premissas descritas nos capítulos anteriores. Após a caracterização dos

aspectos ambientais, foram obtidos os perfis de desempenho ambiental apresentados na Tabela 12, para cada uma das categorias de impacto compreendidas por este estudo. Os resultados foram calculados para a produção de 17,5 kg de placa cerâmica, ou seja, 1 m<sup>2</sup>.

### TABELA 12

#### PERFIL DE DESEMPENHO AMBIENTAL DA PRODUÇÃO DE 1 M<sup>2</sup> DE PLACA CERÂMICA PARA REVESTIMENTO

CATEGORIA DE IMPACTO	UNIDADE	VIA SECA	VIA ÚMIDA
Mudanças Climáticas [MC]	kg CO <sub>2</sub> eq	3,37E+00	9,24E+00
Depleção da Camada de Ozônio [DO]	kg CFC-11 eq	5,82E-08	7,97E-08
Acidificação Terrestre [AT]	kg SO <sub>2</sub> eq	3,98E-03	7,19E-03
Toxicidade Humana [TH]	kg 1,4-DB eq	5,59E-02	7,65E-02
Formação de Oxidantes Fo-toquímicos [OF]	kg NMVOC	3,69E-03	5,19E-03
Formação de Material Parti-culado [MP]	kg PM <sub>10</sub> eq	1,28E-03	2,18E-03
Ocupação de Terras Agrícolas [TA]	m <sup>2</sup>	2,52E+00	2,99E+00
Depleção de Água [DA]	m <sup>3</sup>	1,31E-01	3,97E-01
Depleção de Recursos Fós-seis [DF]	kg petróleo eq	1,35E+00	1,99E+00
Eutrofização de Água Doce [EU]	kg P eq	2,24E-05	4,97E-05

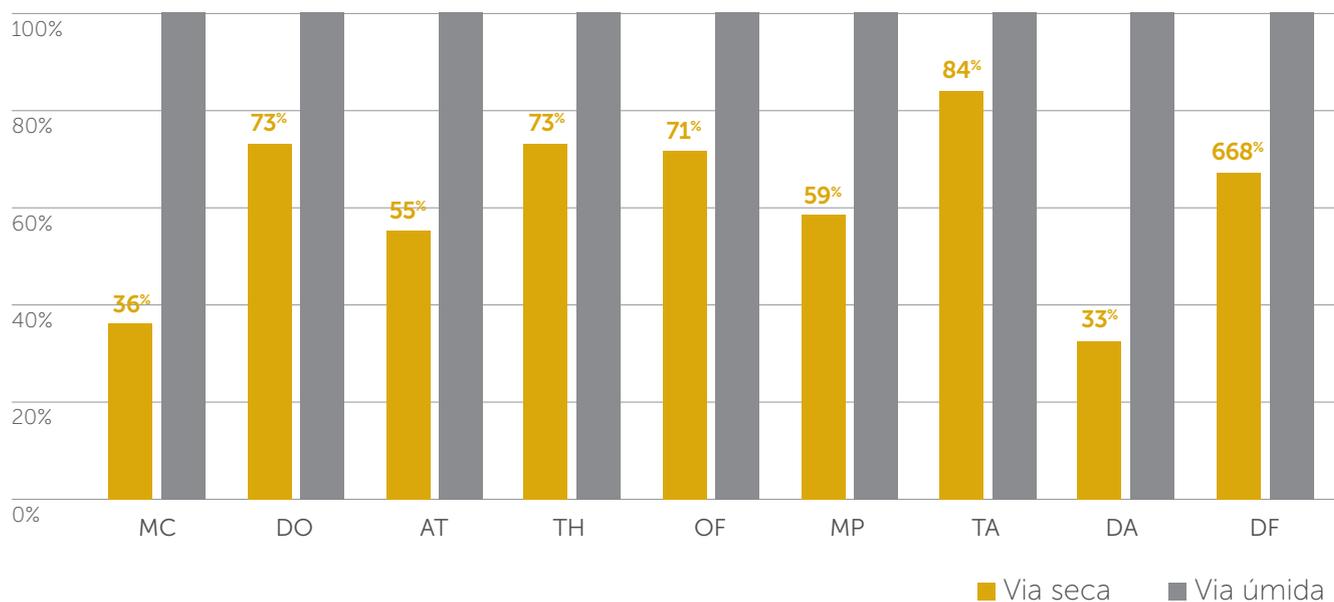


A partir dos dados constantes da Tabela 14, foi possível elaborar o Gráfico a seguir, no qual é realizada a comparação percentual entre desempenhos ambientais das rotas tecnológicas. Conforme evidenciado em ambos os dispositi-

vos sinóticos, os perfis ambientais apresentam distinções expressivas, com variações de magnitude de impacto superiores a 100% para duas das nove categorias de impacto

## GRÁFICO

### COMPARAÇÃO PERCENTUAL DOS DESEMPENHOS AMBIENTAIS DAS PLACAS CERÂMICAS PRODUZIDAS POR VIA ÚMIDA E VIA SECA



O motivo pelo qual essas diferenças ocorrem está basicamente centralizado na quantidade de recurso energético adicional requerido no processo por via úmida, além do próprio consumo de água e da distinção do tipo e origem das matérias-primas para a fabricação da massa.

Importante salientar que as rotas atuais, via seca e via úmida, diferem em perfil ambiental e em fluxo produtivo, mas não há referência direta de tipologia ou de qualidade. A cerâmica é classificada mundialmente pelo seu Grupo de Absorção (ISO 13006). Cada grupo de absorção tem uma tabela de especificação das propriedades das placas cerâmicas, conforme tabela a seguir.

ABSORÇÃO DE ÁGUA	CLASSE	RESISTÊNCIA MECÂNICA	DENOMINAÇÃO
≤0,1%	-	Altíssima	Porcelanato Técnico
≤0,5%	Bla	Altíssima	Porcelanato Esmaltado
>0,5% a ≤3%	Blb	Muito Alta	Grês
>3% a ≤6%	Blla	Alta	Semigrês
>6% a ≤10%	Bllb	Média	Semiporoso
>10%	Bllb	Baixa	Poroso



No mercado nacional, há uma concentração de tipologia em cada rota de fabricação. A produção nacional de revestimentos cerâmicos pela rota via seca concentra produto da tipologia BIIIb, placas cerâmicas com absorção de água de 6% a 10%, denominadas semiporoso.

A rota via úmida compreende uma concentração em produtos cerâmicos de maior valor agregado, englobando placas da tipologia BIII e a tipologia Porcelanato, que possui uma norma técnica específica, NBR 15755, com critérios mais rígidos. Isto posto, esclarece e pondera as diferenças atribuídas no perfil ambiental.

## Análise dos Impactos

### MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O impacto de mudanças climáticas está diretamente relacionado ao consumo e combustão de gás natural durante a fabricação das placas. Essa atividade representa 87% das emissões para a rota via úmida e 69% das causas de emissão de CO<sub>2</sub>eq para a rota via seca.

O consumo de energia elétrica é o segundo maior responsável pelas emissões de CO<sub>2</sub>eq, contribuindo com 6,5% e 17,4% da magnitude deste impacto para as rotas via úmida e via seca, respectivamente.

Destaca-se, nesse âmbito, a energia gerada em hidroelétricas no Brasil, que aparece em segundo lugar na lista de processos de maior relevância para essa categoria de impacto. A contribuição das hidroelétricas é decorrente da transformação de uso do solo, bem como da emissão de metano nos lagos, que ocorre devido à decomposição anaeróbia de biomassa não manejada quando da construção da barragem.

### DEPLEÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

A depleção da camada de ozônio é um dos impactos que apresentou a maior similaridade de magnitude entre os perfis de desempenho ambiental. Além disso, esse impacto é o menor em grandeza absoluta.

A emissão de Halon 1301 e Halon 1211 na atmosfera é responsável por mais de 95% da carga ambiental referente à depleção da camada de

ozônio. Sua origem advém dos processos de extração de petróleo internacional onshore e dos processos de manufatura de papelão e pallets de madeira. Ou seja, as atividades contribuintes para esta categoria de impacto são essencialmente externas ao território brasileiro e foram computadas no modelo em virtude do uso de banco de dados internacionais.

### ACIDIFICAÇÃO TERRESTRE

A emissão de óxidos de enxofre é um dos principais responsáveis pela acidificação terrestre. A presença de enxofre nos combustíveis fósseis é o principal precursor desse impacto para a produção de placas cerâmicas. Nesse contexto, a queima de gás natural nas unidades fabris compreende para o processo via úmida 34% das emissões de SO<sub>2</sub>eq, enquanto para a via seca, essa mesma atividade representa 5,2% das emissões.

A geração de energia elétrica é a segunda atividade de maior significância para a via úmida e a primeira para a via seca, resultando em 24,5% e 43,1% das emissões respectivamente.

### TOXICIDADE HUMANA

A emissão atmosférica de ácido fluorídrico e emissão de boro, cádmio, manganês e chumbo no efluente das indústrias de placas cerâmicas é um dos principais motivos da toxicidade humana. Para a via úmida, essas contribuições representam 26% do impacto, ao passo que para a via seca condiz a 27,2%.



A geração de eletricidade, pelas emissões de metais nos processos de origem fóssil, também acaba por contribuir significativamente para essa categoria, com 22,9% das emissões para a via úmida e 30,6% para a via seca.

A extração e manufatura dos pallets de madeira é, por fim, o terceiro principal processo, emitindo 18,1% e 22,1% de 1,4-DBeq para a via úmida e via seca respectivamente.

## FORMAÇÃO DE OXIDANTES FOTOQUÍMICOS

O processamento de petróleo e a queima de combustíveis fósseis são os principais responsáveis pela emissão de hidrocarbonetos, NO<sub>x</sub>, CO e SO<sub>2</sub>.

As emissões por combustão no transporte rodoviário de matérias-primas e embalagens representam 9,5% das emissões de NMVOC para as placas cerâmicas produzidas via seca e 25% na via úmida. Nesse caso, é válido salientar que a proximidade das jazidas das argilas utilizadas no processamento por via seca contribui significativamente para a redução desse impacto ambiental.

A produção de papelão e pallets de madeira, juntos, totalizam 28,9% e 25,9% das emissões para a via seca e via úmida, nessa ordem. Essas contribuições são fundamentalmente resultado do uso de matéria-prima orgânica, cujo processo de plantação e colheita emite hidrocarbonetos e NO<sub>x</sub> para a atmosfera.

A eletricidade responde por 32,2% das emissões para a rota via seca e 23,5% para a rota via úmida.

## FORMAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO

A emissão de material particulado ocorre de forma bem distribuída na rota via úmida, na qual as emissões na indústria cerâmica representam 23%; as emissões no transporte representam 13,8%; as emissões na produção de eletricidade, gás natural, diesel e carvão somam 24,9%; a produção de embalagem contribui com 24,5%; e a manufatura de feldspato, individualmente, representa 11,8%. Portanto, para essa rota tecnológica há um destaque

para a necessidade de matérias-primas previamente processadas.

Já para a via seca, o uso de recursos energéticos (eletricidade, diesel e gás natural) totaliza 39,3% das emissões, e outros 50,6% estão associados às embalagens, especialmente àquelas de origem orgânica (papelão e pallets de madeira), nas quais as emissões de materiais particulados não são controladas por ambientes fechados e sistemas de filtragem, tal como ocorre em processos industriais.

## OCUPAÇÃO DE TERRAS AGRÍCOLAS

O impacto de ocupação de terras agrícolas foi inserido na análise por significância ambiental, em razão da quantidade de embalagens consumidas para a estocagem das placas cerâmicas para revestimento. O uso de terra agrícola para a produção da madeira utilizada nos pallets é o processo mais relevante para essa categoria, representando 76,2% do impacto para a via úmida e 81,2% para a produção via seca. Em segundo lugar, encontra-se a produção de papelão, com 17,4% do impacto para a via seca e 22,6% do impacto para via úmida.

## DEPLEÇÃO DE ÁGUA

No que se refere à depleção de água, verificou-se que os processos de maior relevância se distinguiram significativamente entre as rotas tecnológicas. Contudo, essa diferença não ocorre exclusivamente em razão do volume água consumido no processo de moagem, mas também pela composição da massa cerâmica.

Nesse contexto, para a rota via úmida, a produção de feldspato acabou representando mais de 50% da depleção de água. O motivo pelo qual isso ocorre está diretamente relacionado ao banco de dados utilizado e aos dados secundários disponibilizados pelo Ministério de Minas e Energia (MME). De acordo com o MME, a etapa de aspersão para controle de material particulado na extração do feldspato consome de 0,75 a 0,37 m<sup>3</sup> de água por tonelada de minério (MME, 2009), cujo valor médio foi utilizado para a quantificação desse impacto. Pela indis-



ponibilidade de dados públicos do feldspato não processado, característico do setor cerâmico, o estudo fez uso de base de dados do processo de manufatura padrão do feldspato, no qual há elevado consumo de água.

O processo de manufatura do papelão aparece em segundo lugar para a rota via úmida, constituindo 34,7% do impacto em depleção de água. Entretanto, essa mesma atividade atinge o expressivo montante de 68% da magnitude dessa categoria no processo por via seca. Assim como para o feldspato, a manufatura de papelão é intensamente consumidora de água, alcançando a marca de 30 m<sup>3</sup> por tonelada de celulose produzida (MARTIN, 2015).

A eletricidade, por fim, aparece como a segunda maior causa de consumo de água na via seca e a terceira na via úmida. Nesse caso, o uso de água para a manufatura de petróleo e por hidrelétricas é a principal causa de consumo.

## DEPLEÇÃO DE RECURSOS FÓSSEIS

Cerca de 82% da depleção de recursos fósseis, em ambas as rotas produtivas, é decorrente do consumo de gás natural e eletricidade por fontes não renováveis. Em destaque, o consumo de gás natural representa 76,3% desse impacto para o processo por via úmida e 73,3% na via seca.

O consumo de carvão mineral como fonte contribuinte da matriz energética no processo por via úmida se apresenta como outro aspecto ambiental representativo para esta categoria, com um aporte de 6,5% do impacto.

Já o consumo de petróleo como matéria-prima e fonte de energia para a fabricação dos filmes de embalagem totaliza 10,4% do impacto na via seca.

## EUTROFIZAÇÃO DE ÁGUA DOCE

O impacto de eutrofização em água doce apresentou baixa significância em números absolutos. O principal aspecto contribuinte para esse impacto, com mais de 85% de representatividade para ambas as rotas, é a lixiviação de fertilizantes durante o cultivo das madeiras utilizadas para a geração de pallets e papelão.



# CAPÍTULO 5

# CONCLUSÕES

De modo geral, considera-se que os dados primários e secundários referentes aos processos elementares tidos como relevantes para a elaboração dos modelos de sistema de produto são suficientes para fundamentar as conclusões do estudo, de acordo com o objetivo e o escopo definidos. Desse modo, o objetivo definido para este estudo de quantificar o perfil de desempenho ambiental associado à produção de placas cerâmicas para revestimento via seca e via úmida, da forma como ela é praticada pela indústria brasileira, foi atendido.

No curso desse projeto foram, porém, identificadas limitações que, inevitavelmente, acabaram por influenciar em maior ou menor grau os resultados obtidos.

Dentre as limitações, a principal a ser apontada e que não se restringe especificamente a este estudo, mas sim a todos aqueles que de maneira geral sejam produzidos no Brasil com o mesmo objetivo, refere-se à ausência de bancos de dados nacionais para apoio a estudos de ACV – conforme visto no capítulo anterior –, que contribuem de forma expressiva para uma série de categorias de impacto.

Outro ponto relevante é que parte dos dados primários não apresentava o detalhamento necessário ao estudo, sendo preciso o desenvolvimento de cálculos teóricos para os gases de combustão da etapa de secagem e consumo de água. Logo, estes carecem de melhor gestão e estudo, o que é um ponto frágil do processo de levantamento de informações.

As dificuldades abordadas neste capítulo podem ser vistas como potenciais oportunidades de melhoria para estudos futuros, sempre com vistas a alcançar maior precisão no que se refere à verificação do desempenho ambiental das placas cerâmicas.



---

## A PARTIR DOS RESULTADOS OBTIDOS É POSSÍVEL CONCLUIR QUE:

- > As atividades relacionadas à combustão de gás natural contribuem de maneira significativa e de forma sistêmica para a maioria das categorias de impacto ambiental que compõem o perfil de desempenho das placas cerâmicas. Destaque-se nesse caso suas participações em termos de mudanças climáticas, acidificação terrestre e depleção de recurso fóssil.
- > Os consumos de energia elétrica, diesel e carvão mineral, assim como o de gás natural, destacam-se diante das demais atividades do ciclo de vida das placas cerâmicas.
- > A influência da embalagem no perfil de impacto ambiental global é outro aspecto de destaque verificado no estudo, seja pela emissão de poluentes atmosféricos, seja no consumo de água, influenciando nas mudanças climáticas, depleção da camada de ozônio, toxicidade humana, formação de oxidantes fotoquímicos, eutrofização e depleção de água.

---

Por fim, conclui-se que os resultados aqui apresentados são, respeitadas as limitações e condicionantes, consistentes para efeito de representação do perfil de desempenho ambiental das placas cerâmicas para revestimento produzidas no Brasil. Além disso, esses resultados se mostram em condições de subsidiar processos de tomada de decisão relacionados ao processo de manufatura, com enfoque na dimensão ambiental, no negócio e no crescimento sustentável do setor, como almejado dentro da Iniciativa Anfacer + Sustentável.

Esta é a primeira edição de uma Avaliação do Ciclo de Vida de Revestimentos Cerâmicos e faz parte da Iniciativa Anfacer + Sustentável, que pretende usar essa ferramenta da ACV de forma sistêmica. Logo, há planos de novas edições, com atualizações dos dados primários, busca por mais precisão dos dados secundários e aumento do percentual de participantes, ampliando a representatividade.



# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABCERAM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Cerâmica no Brasil – considerações gerais. Disponível em: <http://abceram.org.br/consideracoes-gerais/>. Acesso em: 05/12/2017.

ABCM – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CARVÃO MINERAL. O carvão. Disponível em: <http://www.carvaomineral.com.br/carvao.php>. Acesso em: 05/01/2018.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14040. Gestão Ambiental, Avaliação do Ciclo de Vida: definição de objetivo e escopo e Análise de Inventário. São Paulo: ABNT, 2009a.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14044. Gestão Ambiental, Avaliação do Ciclo de Vida: requisitos e orientações. São Paulo: ABNT, 2009b.

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 14049. Gestão Ambiental, Avaliação do Ciclo de Vida: Exemplos ilustrativos de como aplicar a ABNT NBR ISO 14044 à definição de objetivo e escopo e à análise de inventário. São Paulo: ABNT, 2014.

ANFACER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICAS PARA REVESTIMENTOS, LOUÇAS SANITÁRIAS E CONGÊNERES. Sobre a ANFACER. Disponível em: <http://www.anfacer.org.br/sobre-a-anfacer>. Acesso em: 06/12/2017.

ANFACER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE CERÂMICAS PARA REVESTIMENTOS, LOUÇAS SANITÁRIAS E CONGÊNERES. Setor. Disponível em: <http://www.anfacer.org.br/brasil>. Acesso em: 06/12/2017.

ALICEWEB. Importação Brasileira. Disponível em: <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br>. Acesso em: 04/01/2018.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Anuário Estatístico Brasileiro do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis: 2016. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=78136&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&1450729268234>. Acesso em: 27/11/2017.

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS. Esquemas de produção no refino de petróleo. Disponível em: <http://www.anp.gov.br/?pg=7854&m=&t1=&t2=&t3=&t4=&ar=&ps=&cachebust=13948525241>. Acesso em: 27/11/2017.

BAUMANN H.; TILLMAN A. M. The Hitch Hiker's Guide to LCA. Suécia: Studentlitteratur AB, 2004.

CABRAL Jr., M., et al. Panorama e Perspectivas da Indústria de Revestimentos Cerâmicos no Brasil. Cerâmica Industrial, 15 (3), maio/junho, 2010.

CETESB – COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Guia Técnico Ambiental da Indústria de Cerâmicas Branca e de Revestimentos. São Paulo: CETESB, 2008.



EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Balanço Energético Nacional 2016: Ano-Base 2015. Rio de Janeiro, 2016.

EC-JCR – EUROPEAN COMMISSION – JOINT RESEARCH CENTRE – INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY. International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook – Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European Context. First edition, November 2011. EUR 24571 EN. Luxemburg. Publications Office of the European Union, 2011.

HAUSCHILD, M. Z. et al. Identifying Best Existing Practice for Characterization Modeling in Life Cycle Impact Assessment. *Journal of Life Cycle Assessment*, 18, pp.683-697, 2013.

MARTIN, C. Indústria de Celulose e Papel Registra Contínuas Reduções de Consumo de Água. *Revista O Papel*: maio, 2015.

MELCHIADES, F.G. Estudo Comparativo entre as Tecnologias Via Úmida e Via Seca para a Preparação de Massas de Porcelanatos. Tese (doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2011, 186 p.

MELO, C. A. A Expansão do Sistema de Distribuição de Gás Natural no Brasil: a Dinâmica dos Investimentos, da Renda e das Emissões de CO<sub>2</sub>. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005, 81p.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Anuário Estatístico do Setor de Transformação de Não Metálicos. Brasília: MME, 2017.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Relatório Técnico 45: Perfil do Feldspato, 2009. Disponível em: [http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P28\\_RT45\\_Perfil\\_do\\_Feldspato.pdf/201fb0fc-0c79-45ad-8a-22-b857958a4c8d](http://www.mme.gov.br/documents/1138775/1256650/P28_RT45_Perfil_do_Feldspato.pdf/201fb0fc-0c79-45ad-8a-22-b857958a4c8d). Acesso em: 03/01/2018.

SANTOS, E. M., et. al. Gás Natural – Estratégias para uma Energia Nova no Brasil. São Paulo: Annablume, 2002.

SILVA, G.A.; KULAY, L. A. Avaliação do Ciclo de Vida. In: VILELA, A.; DEMAJOROVIC, J. Modelos e Ferramentas de Gestão Ambiental: Desafios e Perspectivas para as Organizações. São Paulo: Editora SENAC, 2006.

VIANNA, F. C. Análise de Ecoeficiência: Avaliação do Desempenho Econômico-Ambiental do Biodiesel e Petrodiesel. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006, 183 p.

TGB. O Gasoduto – Traçado. Disponível em: [http://www.tbg.com.br/pt\\_br/o-gasoduto/traçado.htm](http://www.tbg.com.br/pt_br/o-gasoduto/traçado.htm). Acesso em: 18/12/2017.



# EXPEDIENTE

## **ANFACER**

### **Iniciativa Anfacer + Sustentável**

#### *Presidente*

José Nilson Crispim Junior (Elizabeth)

#### *Vice-Presidentes*

Benjamin Ferreira Neto (Alfagres)

Paulo Cesar Benetton (Cecrisa)

Raul Penteado de Oliveira Neto (Deca)

#### *Superintendente*

Antonio Carlos Kieling

#### *Diretor Executivo*

Mauricio Borges

#### *Coordenação Geral*

Amanda De Andrade Neme

#### *Equipe técnica*

Laura Paiva

Anderson Vieira

#### *Consultoria técnica*

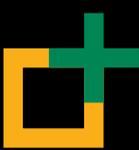
Centro de Tecnologia de Edificações

#### *Coordenação*

Adriana Hansen

#### *Agência de comunicação*

rpt.com



**sustentável**  
INICIATIVA ANFACER

[www.iniciativaanfacer.com.br](http://www.iniciativaanfacer.com.br)

REALIZAÇÃO

---



PROMOVIDO POR

---

