



sidac

sistema de informação
do desempenho ambiental
da construção

Relatório de coleta de dados
AGREGADOS E MINERAIS DE CONSTRUÇÃO



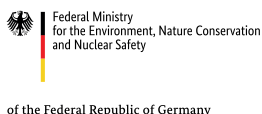
sidac

sistema de informação
do desempenho ambiental
da construção

Relatório de coleta de dados

AGREGADOS E MINERAIS DE CONSTRUÇÃO

Apoio



Cooperação técnica



Coordenação



Essa publicação foi organizada com o apoio financeiro do Instrumento de Parceria da União Europeia com o Ministério Federal Alemão para o Meio Ambiente, Conservação da Natureza e Segurança Nuclear (BMU) no contexto da Iniciativa Climática Internacional (IKI). O conteúdo dessa publicação é de inteira responsabilidade dos seus organizadores e não necessariamente reflete a visão dos financiadores.

SUPERVISÃO DA COLETA DE DADOS

Me. Lidiane Santana Oliveira (USP)

Me. Fernanda Belizario Silva (IPT/USP)

Dr. Daniel Costa Reis (USP)

EQUIPE RESPONSÁVEL PELA COLETA DE DADOS DOS MINERAIS¹

Me. Ludimila Mallmann Schmalfluss (UFRGS): levantamento de dados, análise dos dados, inserção dos dados no sistema e relatório

Me. Janaíne Timm: análise dos dados e relatório

Dr^a. Ana Carolina Badalotti Passuello (UFRGS): análise dos dados, relatório e supervisão

Como citar este documento:

SCHMALFUSS, L. M., TIMM, J., PASSUELLO, A. C. B. Relatório de coleta de dados para o Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção: minerais. São Paulo: Sidac, 2022.

¹ Declaração de crédito dos autores: levantamento de dados: levantamento de dados de inventário de ciclo de vida dos produtos (primários ou secundários); análise dos dados: compilação e análise dos dados de inventário de ciclo de vida dos produtos; inserção dos dados no sistema: cadastro dos processos elementares no Sidac; relatório: elaboração do relatório de coleta de dados; supervisão: supervisão da coleta e análise dos dados de inventário de ciclo de vida dos produtos; apoio: apoio às atividades do projeto.

Sumário

1	Introdução	1
2	Elaboração dos processos elementares	1
2.1	Descrição dos produtos	1
2.2	Fluxograma dos processos elementares dos agregados	2
2.3	Descrição dos processos elementares dos minerais	5
2.3.1	Areia processada	5
2.3.2	Argila calcinada	7
2.3.3	Brita	7
2.3.4	Calcário processado	9
2.3.5	Fíler calcário	10
2.3.6	Gipsita processada	10
2.4	Fontes de dados	10
2.5	Alocação	11
3	Métodos de cálculo e considerações	11
3.1	Considerações gerais	11
3.2	Métodos de cálculo	11
3.2.1	Areia processada	11
3.2.2	Argila Calcinada	12
3.2.3	Brita	13
3.2.4	Calcário processado	14
3.2.5	Fíler calcário	15
3.2.6	Gipsita processada	16
4	Inventário do processo	17
5	Análise dos indicadores	18
6	Considerações finais	20
7	Referências	20

1 Introdução

O objetivo desse relatório é apresentar os procedimentos adotados na coleta dos dados genéricos dos principais minerais produzidos no Brasil, sendo eles: areia processada (de rio, cava submersa e cava a céu aberto), argila calcinada, brita, calcário processado, fíler calcário e gipsita. A coleta foi realizada com base em literatura nacional e no presente relatório são apresentados os fluxogramas dos processos elementares da produção desses minerais. Para tanto considera-se a fronteira do portão ao portão (em inglês *gate to gate*), dados qualitativos e quantitativos (fluxos de entrada e saída) que caracterizam esses processos, bem como todas as conversões realizadas para adequação dos dados ao Sidac.

2 Elaboração dos processos elementares

2.1 Descrição dos produtos

Os minerais são utilizados como matéria-prima na indústria da construção civil, sendo eles: areia processada, argilas calcinadas, brita, calcário processado, fíler calcário e gipsita processada.

De acordo com a NBR 7225 (ABNT, 1993), agregado é um material natural de propriedades adequadas ou obtido por fragmentação artificial de pedra, de dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 0,075 mm. São classificados como graúdos, aqueles com dimensão nominal máxima inferior a 100 mm e de dimensão nominal mínima igual ou superior a 4,8 mm, ou miúdos, aqueles de dimensões nominais entre 4,8 mm e 0,075 mm.

A brita ou pedra britada é classificada como artificial, pois é um material proveniente do britamento de pedra, que é extraída diretamente das jazidas por meio de explosivos e após é submetida a processo de beneficiamento. Os tipos de rochas utilizadas na produção de brita, no Brasil, são granito e gnaisse (85%), calcário e dolomito (10%) e de basalto e diabásio (5%) (BALANÇO MINERAL BRASILEIRO, 2001).

Outro material agregado é a areia natural, que deve possuir propriedades adequadas, de granulometria inferior a 2,0 mm e superior a 0,075 mm. Esta pode ser classificada em: areia grossa de granulometria de 2 a 1,2 mm; areia média granulometria de 1,2 a 0,42 mm e areia fina granulometria de 0,42 a 0,075 mm. Os meios utilizados para exploração da areia são: dragagem, escavação mecânica ou desmonte hidráulico, de acordo com a NBR 7225 (ABNT, 1993). Quanto à sua produção, 70% vêm de leito de rios e 30% de várzeas, terraços aluviais, dentre outros (CETEM, 2012).

Dentre os minerais utilizados para a produção do cimento, a argila calcinada é um material pozolânico, obtido por moagem e aquecimento da argila natural entre 500°C e 900°C. Esse tratamento térmico, conhecido também por ativação, converte materiais argilosos cristalinos em aluminossilicatos amorfos, também conhecida como sílica amorfa (BARGER et al., 2001). Quando adicionada ao cimento, a sílica amorfa reage com o hidróxido de cálcio formado durante a hidratação do silicato de cálcio do cimento, formando silicato de cálcio hidratado (CSH). Reações secundárias podem ocorrer devido ao teor de alumina reativa da argila calcinada, formando também aluminato de cálcio hidratado (CAH) (SILVA, 2007). A adição de argila calcinada ao cimento resulta em maior resistência ao sulfato da pasta hidratada e em baixa permeabilidade da matriz cimentícia, aumentando assim a durabilidade dos produtos cimentícios (BARGER et al., 2001). No Brasil, a argila calcinada para uso em cimento é padronizada pela NBR 12653 (ABNT, 1992).

O calcário é uma rocha de origem sedimentar constituída de carbonato de cálcio, sendo encontrado como rocha macia ou rígida, podendo receber denominações variadas. Ele pode ser encontrado extensivamente em todos os continentes e é extraído de pedreiras ou depósitos. No setor da construção civil, o calcário é utilizado na produção do cimento, para obtenção da cal virgem ou hidratada, na indústria cerâmica, fabricação de aço, vidros e tintas (LUZ; LINS, 2008).

O filer calcário é um material proveniente do calcário que possui a propriedade de preencher os vazios da mistura e dar maior estabilidade à mesma (RESENDE; VIEIRA, 2016).

Por fim, o último mineral para cimento abordado é a gipsita, que pode ser utilizada na forma natural ou calcinada. A forma natural é bastante usada na agricultura e na indústria de cimento, enquanto a forma calcinada é conhecida como gesso para construção civil (LUZ; LINS, 2008).

2.2 Fluxograma dos processos elementares dos agregados

Os fluxogramas dos processos elementares de produção dos minerais apresentados nesse relatório são ilustrados nas Figura 1 a 8.

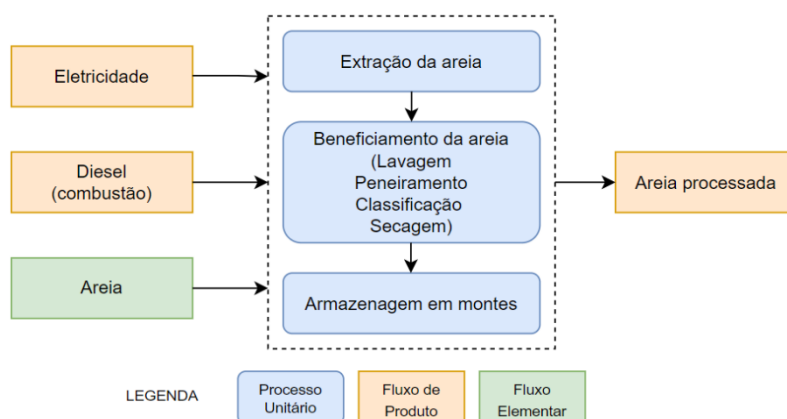


Figura 1 - Processo elementar para produção de areia extraída de rio.

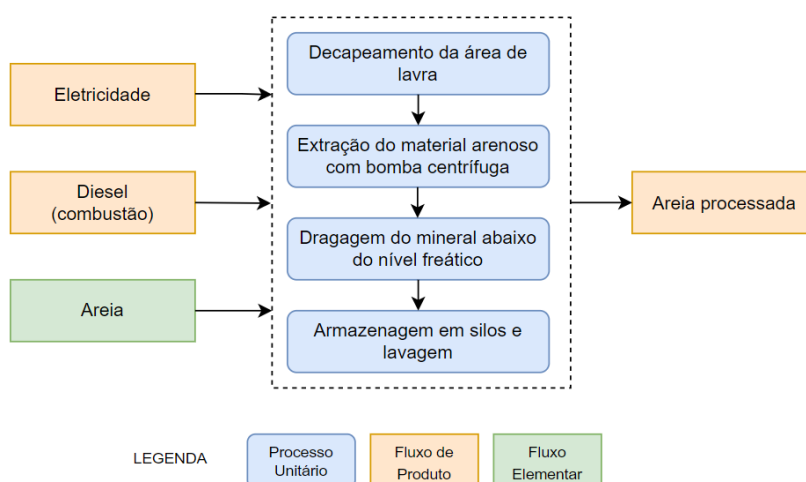


Figura 2 - Processo elementar para produção de areia extraída de cava submersa.

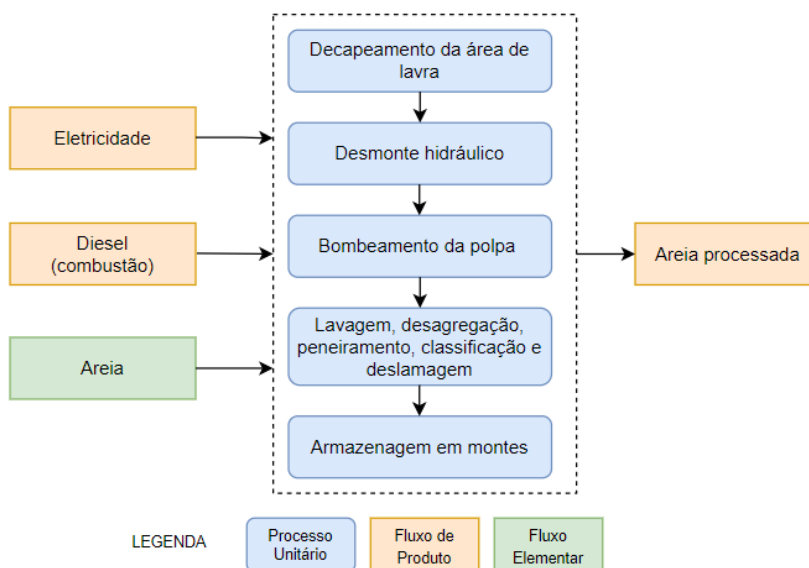


Figura 3 - Processo elementar para produção de areia extraída de cava a céu aberto com desmante hidráulico.

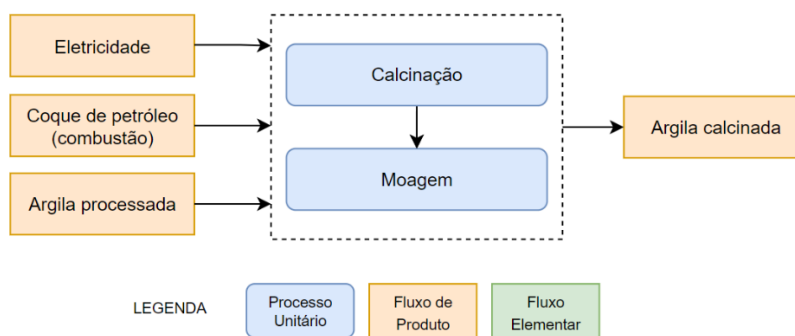


Figura 4 - Processo elementar para produção de argila calcinada.

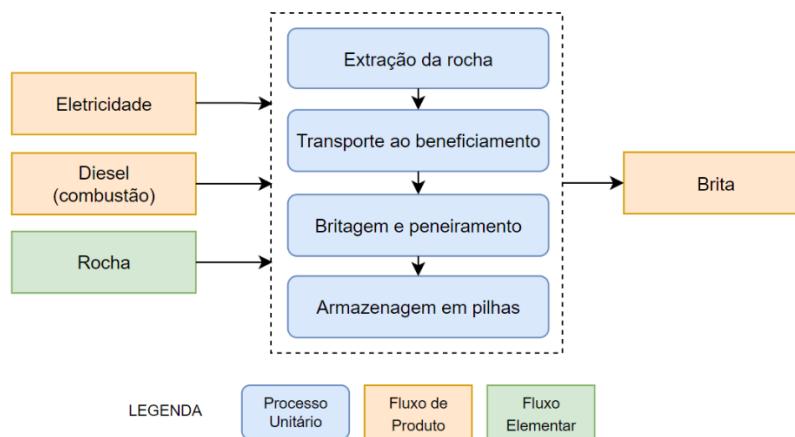


Figura 5 - Processo elementar para produção de brita.

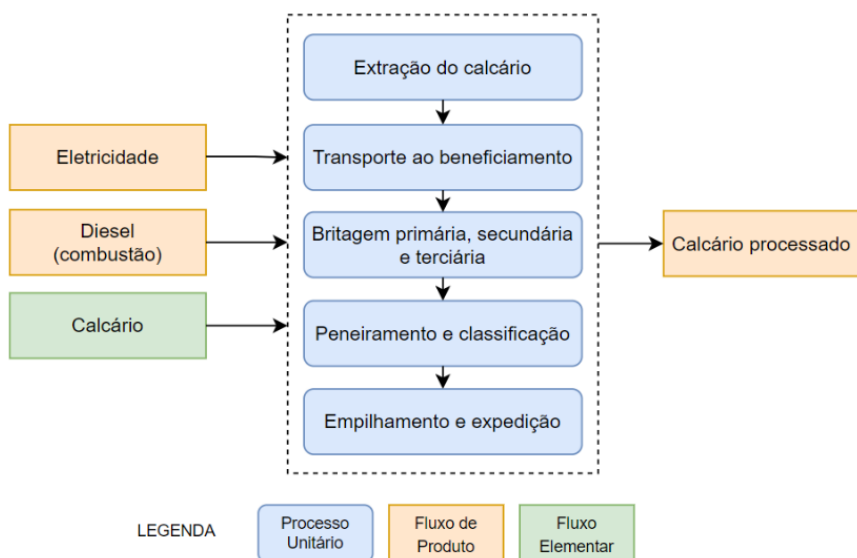


Figura 6 - Processo elementar para produção de calcário processado.

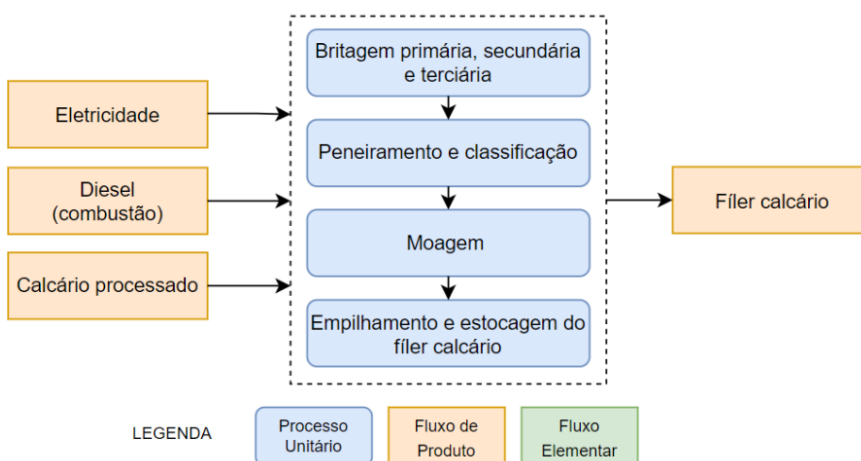


Figura 7 - Processo elementar para produção de filer calcário.

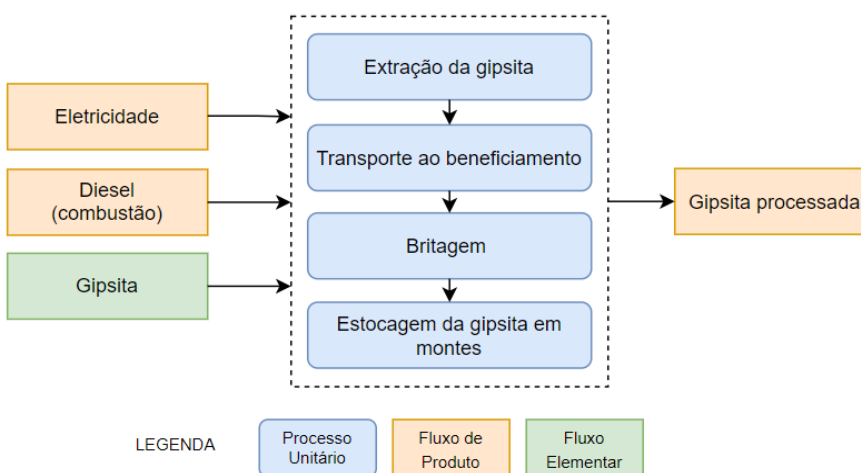


Figura 8 - Processo elementar para produção de gipsita processada.

2.3 Descrição dos processos elementares dos minerais

2.3.1 Areia processada

A areia é extraída de leito de rios, várzeas, depósitos lacustres, mantos de decomposição de rochas, pegmatitos e arenitos decompostos. A produção nacional de areia natural é obtida predominantemente a partir da extração em leito de rios e, por outras fontes (parcela menor).

Na lavra em leito de rio (Figura 9) utiliza-se uma draga que extrai a areia por sucção e a bombeia na forma de polpa para fora do leito do rio, onde tem início o seu beneficiamento, através de classificação em peneira. Na maioria das vezes são utilizadas somente grelhas fixas colocadas no topo dos silos de recepção da polpa separando as frações mais grossas (cascalho, concreções), por vezes matéria orgânica (folhas e troncos) e uma simples lavagem, por decantação ou classificador espiral para remoção de argila (SOUZA, 2012).



Figura 9 - Etapas da produção da areia processada em leito de rio: (a) sucção de areia do leito do rio através da draga fixa (jato de areia maior, à direita) e da draga móvel (dois jatos de areia menores, à esquerda); (b) bombeamento da areia até as peneiras; (c) peneiramento e classificação da areia, que é separada em fina (carregada no caminhão à esquerda) e grossa (despejada no monte à direita); (d) empilhamento e revolvimento do material para secagem. Fonte: Adaptado de Souza (2012).

No processo de lavra em cava inundada (Figura 10), antes do início da extração deve ser realizado o decapeamento da área, com uso de equipamentos do tipo trato de esteira, carregadeiras frontais, escavadeiras e caminhões, para remover a vegetação e a camada superficial do solo que são descartados. A seguir, tem-se a extração do material arenoso que é aproveitado até o nível freático, quando, então, as pás carregadeiras usadas na extração da areia dão lugar às dragas que passam a alargar e aprofundar a cava da etapa anterior. Na próxima etapa, ocorre o bombeamento da areia extraída na cava inundada para uma caixa, na qual é colocada uma grelha fixa no seu topo com 2,4 a 3 mm de abertura. O material retido constitui a fração mais grossa (cascalho, concreções, troncos, matéria orgânica) que é descartada e o

passante é o produto para ser estocado em silo e comercializado. O material mais fino, é descarregado por uma tubulação na parte superior, retornando para cava inundada. No caso de alguns areais, após a areia sedimentada, a mesma é retirada da cava com auxílio de pá carregadeira. Esta areia é armazenada em silos e lavada para remoção dos finos naturais. Em seguida a mesma é depositada em montes.

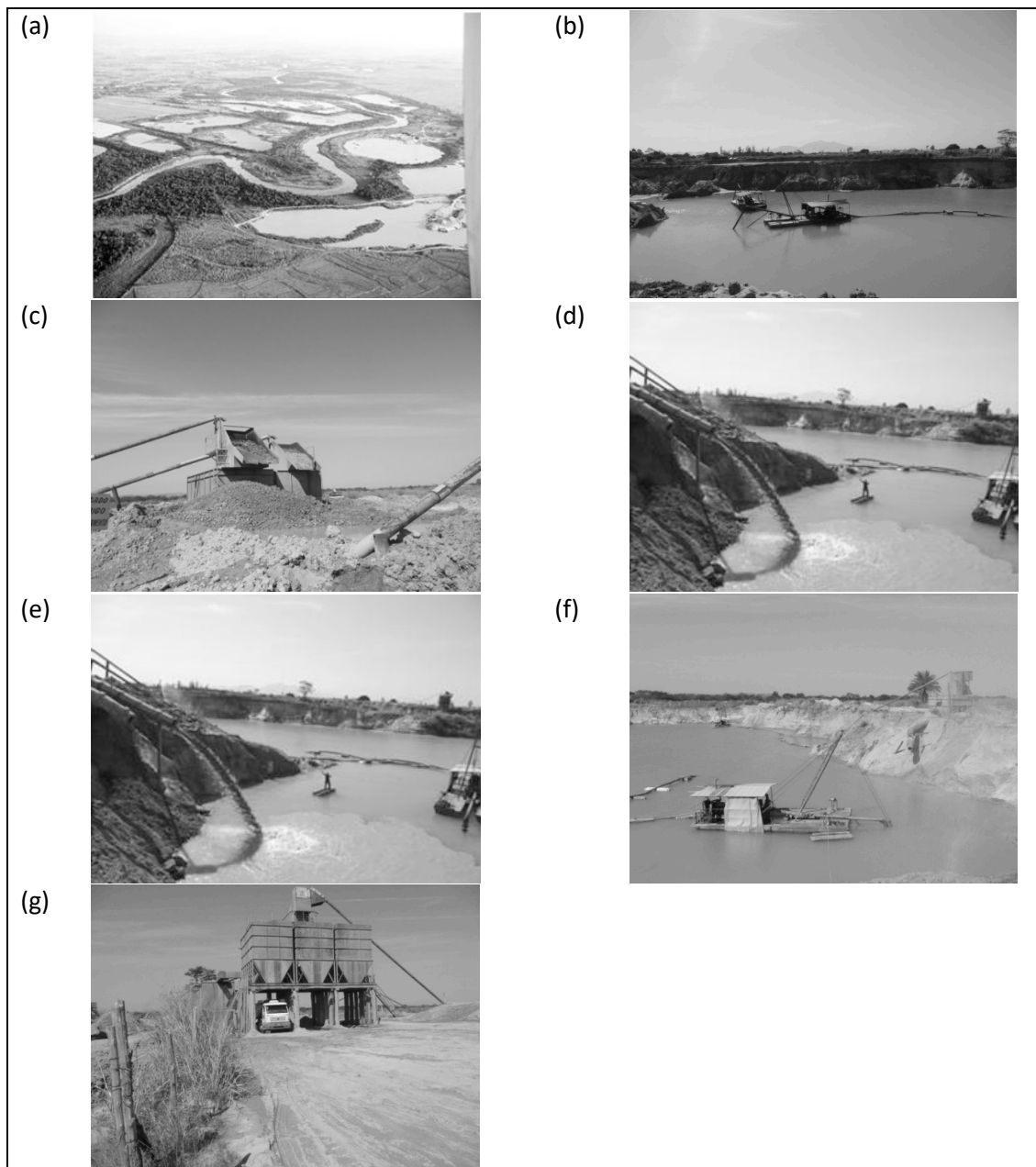


Figura 10 - Etapas da produção da areia processada de lava em cava inundada – (a) lavra de areia em cava inundada; (b) balsa extraindo a área no areal; (c) material retirado na peneira da primeira lavagem da areia; (d) areia na forma de polpa passante na primeira peneira vai para o setor da cava; (e) re-extração da areia (lavagem) na cava e novamente bombeada para as caixas; (f) expedição do produto para carregamento nos caminhões fora de estrada. Fonte: Adaptado do CETEM (2012).

O processo de lavra em cavas secas com desmonte hidráulico (Figura 11) é bastante empregado para depósitos horizontais e sub-horizontais de matérias primas minerais com elevado conteúdo de areia de quartzo, que se desagrega com facilidade e em locais onde exista disponibilidade de água. Esse método de lavra é constituído pelas etapas de retirada do capeamento estéril, com o auxílio de retroescavadeira, em seguida ocorre o desmonte com jatos hidráulicos da matéria-

prima mineral. O material desmontado, na forma de polpa, é drenado por gravidade para as bacias de acumulação, onde por sua vez se realiza o bombeamento diretamente para a unidade de beneficiamento. Em seguida ocorrem a lavagem, desagregação, peneiramento, classificação e deslamagem. Por fim, o material é armazenado em montes (CETEM, 2012).



Figura 11 - Lavra de areia em cava seca com desmonte hidráulico. Fonte: (CETEM, 2012).

2.3.2 Argila calcinada

O processo de obtenção da argila calcinada é baseado nos principais parâmetros de processo de fabricantes de cimento no Brasil, sendo em sua maioria produzidas dentro das fábricas de cimento. Assim, se inicia com a entrada da argila processada na usina de beneficiamento da argila calcinada. Em seguida ocorre o processo de moagem primária (mais grossa) e moagem secundária (mais fina) para então ocorrer processo de calcinação da argila em fornos rotativos estacionários com temperaturas entre 500°C e 900°C, utilizando coque de petróleo como combustível. Dessa forma, a argila calcinada estará pronta para uso.

2.3.3 Brita

As etapas de produção de pedra britada serão descritas a seguir e estão representadas na Figura 12. A primeira etapa é a extração, por lavra a céu aberto, com avanço de meia encosta e desmonte por explosivos. Se necessário, é realizada a operação de decapeamento do maciço, através da retirada de solo e demais materiais que constituem o estéril. Em seguida inicia-se o desmonte por explosivos, com auxílio de uma perfuratriz pneumática ou hidráulica, seguindo o plano de fogo previamente definido. Nessa etapa ainda podem ser utilizados equipamentos como martelos rompedores ou *drop ball* (FIESP, 2006).

Após o desmonte, são utilizados equipamentos como pás carregadeiras ou escavadeiras (*shovel* ou *retro*) para carregamento dos caminhões que realizam o transporte do material para a usina de beneficiamento. No beneficiamento são realizadas uma sequência de operações de peneiramento e britagem, de acordo com a granulometria desejada. Nessa etapa são utilizados britadores e peneiras vibratórias que são conectadas por correias transportadoras. Dessa forma, após etapa de beneficiamento, o material será armazenado provisoriamente em pilhas ou a céu aberto, aguardando ser transportado aos centros consumidores (FIESP, 2006).

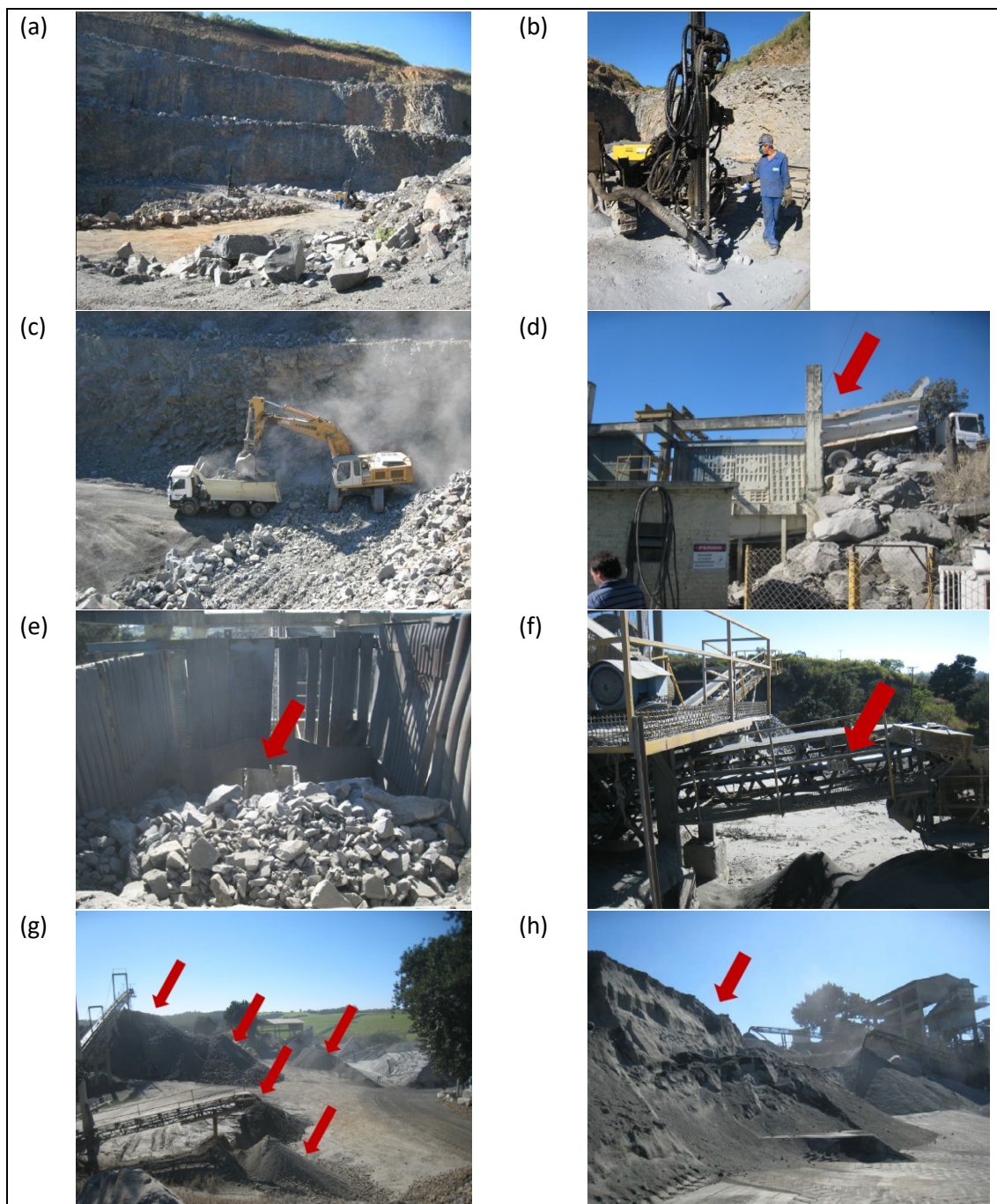


Figura 12 - Etapas da produção de pedra britada – (a) extração a céu aberto; (b) detalhe da perfuratriz e do compressor; (c) transporte à usina de beneficiamento; (d) detalhe do caminhão descarregando o material no início do processo de beneficiamento; (e) britador primário com detalhes do uso de água; (f) correia transportadora; (g) detalhes das pilhas de diferentes granulometrias; (h) armazenamento em pilhas. Fonte: Adaptado de ROSSI (2013).

Segundo a NBR 7225 (ABNT, 1993), a brita possui denominação quanto à sua classificação comercialmente, ilustrado na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das britas de acordo com as dimensões nominais. Adaptado de NBR 7225, (ABNT, 1993).

Pedra britada numerada	Tamanho nominal	
	Aberturas de peneiras de malhas quadradas (mm)	
	Mínima	Máxima
1	4,8	12,5
2	12,5	25
3	25	50
4	50	76
5	76	100

2.3.4 Calcário processado

A maior parte das minas de calcário é lavrada a céu aberto e chamadas em todo o mundo, de pedreiras, embora em muitas áreas, por razões técnicas, ambientais e/ou escala de produção, utiliza-se a lavra subterrânea para produção de calcário (LUZ; LINS, 2008).

A primeira etapa de produção do calcário processado consiste na decapagem do solo, para acesso à rocha. Em seguida ocorre a etapa de perfuração através de uma perfuratriz pneumática, para colocação dos explosivos (Figura 13a). Na etapa de desmonte, são colocados explosivos dentro das perfurações e então acionados, promovendo assim o faturamento e desmonte da rocha. O carregamento (Figura 13b) é realizado por meio de uma pá carregadeira de pneus ou escavadeira hidráulica e caminhões, que transportam o material até a usina de beneficiamento.

A usina de beneficiamento da rocha é composta por uma linha contínua de britagem que permite a cominuição por britagem primária, secundária e terciária. O caminhão descarrega a rocha no britador primário, que transforma a matéria prima em pedras menores. Este material será coletado pela correia transportadora que contém peneira vibratória, a qual permite a separação do material de rejeito, que por sua vez é transportado através de tubulações e descartado em local apropriado. Em seguida, o minério segue sendo encaminhado por meio de correia que o transporta para a próxima etapa de britagem. Uma pá carregadeira faz a coleta do material para realizar o despejo em uma balança de fluxo contínuo, direcionada para uma segunda correia transportadora que leva o material até um rebitador (moagem). Após rebitado, o material é inserido na terceira correia transportadora (CAMARGOS, 2020). Então é realizado o empilhamento e a expedição do calcário processado.

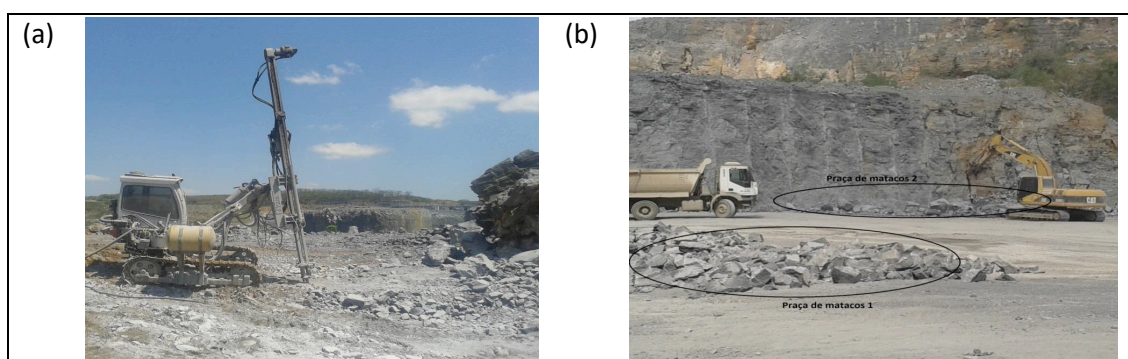


Figura 13 - Etapas da produção do calcário processado – (a) perfuratriz pneumática utilizada na lavra de calcário; (b) praça de matacos. Fonte: Adaptado de Camargos (2020).

2.3.5 Fíler calcário

O Fíler calcário é obtido a partir da moagem fina do calcário processado. Dessa forma, sua produção segue as práticas de lavra do calcário. A cominuição do calcário pode ser feita via seca, segundo as etapas de britagem, classificação, moagem em moinho de rolos tipo *Raymond* ou em moinhos tubulares com bolas (REBELLO, 2017).

2.3.6 Gipsita processada

No Brasil, a gipsita é obtida a partir da lavra a céu aberto, através de bancadas simples (Figura 14), utilizando métodos e equipamentos convencionais. Um detalhe importante que deve ser considerado é que a gipsita absorve parte da força do explosivo, dificultando o desmonte. Devido a isso, na perfuração, os furos costumam ser programados com diâmetros entre 50-100 mm e com pequeno espaçamento a fim de possibilitar uma distribuição mais densa dos explosivos. Na sua lavra, são empregados equipamentos como: rompedores hidráulicos, marteleiros hidráulicos, *vagon drill*, tratores de esteira e pás mecânicas (LUZ; LINS, 2008).

A primeira etapa que compreende o processo de produção da gipsita a céu aberto é a remoção de vegetação e solo na superfície da rocha que contém gipsita. Posteriormente, é realizada a perfuração da rocha para colocação dos explosivos e então feito o desmonte com o acionamento dos explosivos. Em seguida, o material é carregado e transportado até a usina de britagem. No beneficiamento é realizada uma seleção manual da matéria-prima, seguida de britagem, por meio de britadores de mandíbula. Em alguns casos, a britagem pode ser realizada em dois estágios, em circuito fechado com peneiras vibratórias a seco. O produto deve apresentar uma distribuição granulométrica uniforme, a fim de evitar uma desidratação desigual para as partículas de gipsita. Por fim, é realizada a estocagem da gipsita processada em montes.



Figura 14 - Frente de lavra de gipsita. Fonte: (LUZ; LINS, 2008).

2.4 Fontes de dados

Os dados foram coletados da literatura nacional, contemplando dissertações de mestrado, teses de doutorado, trabalhos de conclusão de cursos de graduação, artigos de periódico, artigos de evento e relatórios. A maioria dos trabalhos selecionados realizaram coletas de dados primários junto a mineradoras brasileiras. No total, foram obtidas 36 referências, ou seja, estimativas de fluxos de produto ou intervalos de faixas de valores, parte dos quais compôs a amostra de informações utilizada nesse estudo, cuja análise será aprofundada no item 3 deste relatório.

Entre as referências listadas, não constam aquelas que não continham nenhum dado passível de aproveitamento, seja por não terem apresentados dados apropriados para o Sidac, ou porque utilizaram dados internacionais.

2.5 Alocação

Os processos elementares de produção dos minerais produzem apenas um produto, sendo assim, não possuem fatores de alocação associados a eles.

3 Métodos de cálculo e considerações

3.1 Considerações gerais

As técnicas adotadas para o processo de produção dos minerais apresentados nesse relatório não sofreram alterações desde a publicação dos dados, dessa forma as informações são consideradas válidas para os dias atuais.

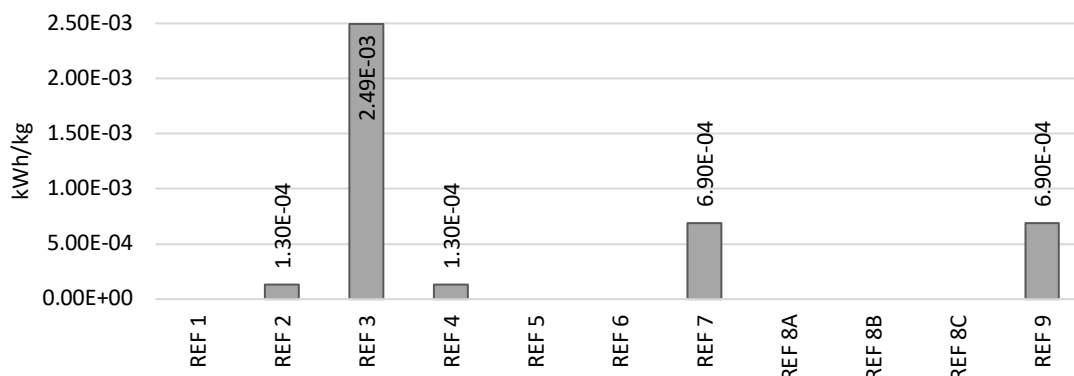
Embora tenham sido localizadas diversas referências com dados de ciclo de vida da produção dos minerais, observa-se que os 36 conjuntos de dados não constituem uma amostra estatisticamente representativa em escala nacional. Dessa forma, foi necessária uma postura conservadora no tratamento estatístico dos dados, com procedimentos que serão detalhados nos itens a seguir.

3.2 Métodos de cálculo

A seguir, são apresentadas as considerações de cálculo para cada um dos fluxos que compõem os processos elementares da produção dos minerais inseridos no Sidac. De um modo geral, calculou-se a quantidade de fluxo por kg dos produtos: areia processada, argila calcinada, brita, calcário processado e fíler calcário (média e desvio padrão). Em seguida, multiplicou-se essa quantidade pela massa unitária de cada tipo de produto (com a propagação de incertezas correspondente), para transformar os fluxos em kg por unidade de produto.

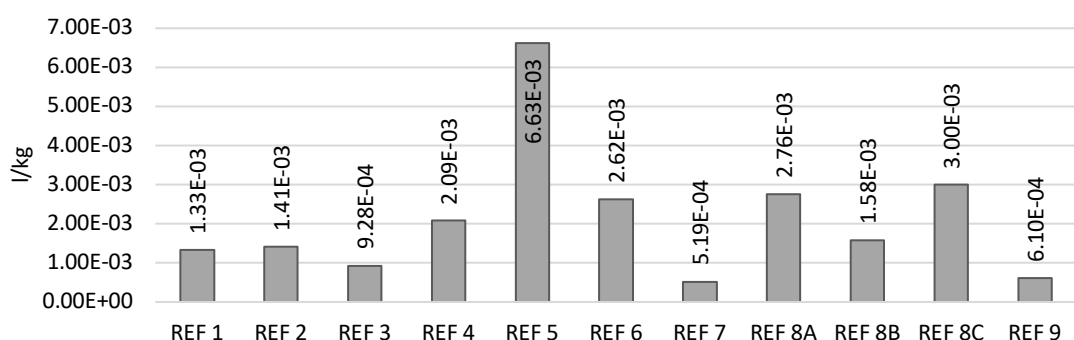
3.2.1 Areia processada

Os principais fluxos de produto do processamento da areia estão relacionados aos seus consumos energéticos. Neste sentido, se obtiveram poucas informações sobre o fluxo de produto de eletricidade. Dos 11 conjunto de dados utilizados, somente 5 apresentaram valores de consumo de energia elétrica para o processo de produção do produto (consumo entre 1,30E-04 e 2,49E-03 kWh/kg), conforme Figura 15. O fluxo de produto de diesel diz respeito ao consumo com os maquinários e barcas utilizadas na extração da areia, que variou de 5,19E-03 a 6,63E-03 l/kg, (Figura 16). Calcularam-se a média e desvio padrão simples para esse conjunto de dados. O processo não considera o consumo de combustível para a retirada da vegetação e da camada de solo rica em material orgânico para acesso à areia de interesse comercial.



LEGENDA - REF 1: (SANTORO; KRIPKA, 2016); REF 2: (Ecoinvent 3.7.1 dataset documentation, 2015); REF 3: (OCHARÁN; LIMA, 2019); REF 4: (CASTRO *et al.*, 2015); REF 5: (SOUZA, 2012); REF 6: (REBELLO, 2017); REF 7: (JUNIOR, 2013); REF 8A, 8B e 8C: (ROSA, 2010); REF 9: (BESSA, 2010).

Figura 15 - Consumo de eletricidade por kg de areia processada. Ignorar os valores iguais a zero (não calculados).



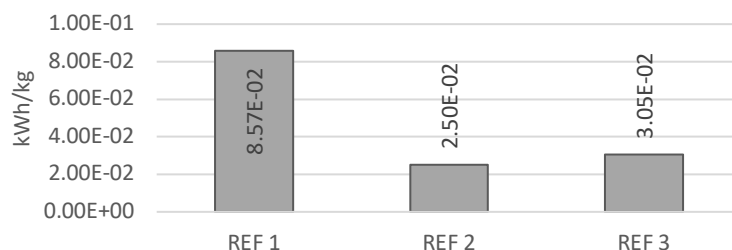
LEGENDA - REF 1: (SANTORO; KRIPKA, 2016); REF 2: (Ecoinvent 3.7.1 dataset documentation, 2015); REF 3: (OCHARÁN; LIMA, 2019); REF 4: (CASTRO *et al.*, 2015); REF 5: (SOUZA, 2012); REF 6: (REBELLO, 2017); REF 7: (JUNIOR, 2013); REF 8A, 8B e 8C: (ROSA, 2010); REF 9: (BESSA, 2010).

Figura 16 - Consumo de diesel por kg de areia processada.

Sendo assim, o valor de média e desvio padrão do consumo de eletricidade para a obtenção de areia processada foi de $1,38E-04$ e $9,73E-04$ kWh/kg, respectivamente e o valor de média e desvio padrão do consumo de diesel foi de $2,13E-03$ e $1,66E-03$ l/kg, respectivamente.

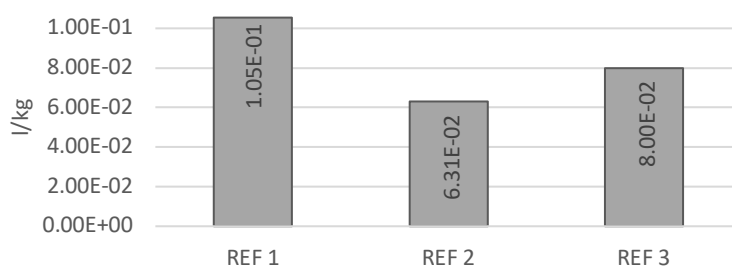
3.2.2 Argila Calcificada

Foram considerados três dados de literatura com valores de fluxo de produto de eletricidade para o processo de produção da argila calcificada (entre $2,50E-02$ e $8,57E-02$ kWh/kg), conforme Figura 17. O fluxo de produto de coque de petróleo diz respeito ao processo de calcinação da argila em fornos rotativos estacionários, que variou de $6,31E-02$ a $1,05E-01$ l/kg), Figura 18. Calcularam-se a média e desvio padrão simples para esse conjunto de dados. O processo não considera o consumo de água evaporada da etapa de pré-secagem e vapor de água do processo de calcinação e também não foram encontrados dados nacionais de distância de transporte da argila processada até a usina de beneficiamento da argila calcificada.



LEGENDA - REF 1: (MALACARNE *et al.*, 2021); REF 2: (ECOINVENT 3.8 DATASET DOCUMENTATION, 2015); REF 3: (DANIELI *et al.*, 2020).

Figura 17 - Consumo de eletricidade por kg de argila calcinada.

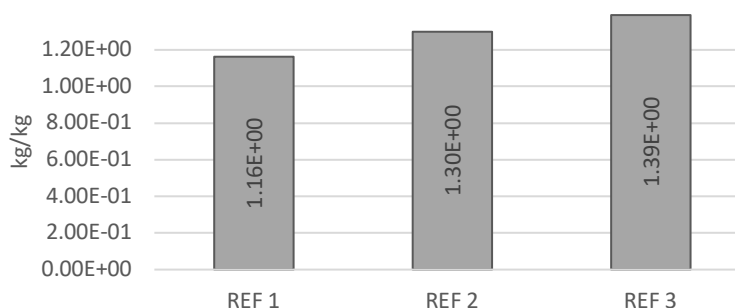


LEGENDA - REF 1: (MALACARNE *et al.*, 2021); REF 2: (ECOINVENT 3.8 DATASET DOCUMENTATION, 2015); REF3: (DANIELI *et al.*, 2020).

Figura 18 - Consumo de coque de petróleo por kg de argila calcinada.

Sendo assim, o valor de média e desvio padrão do consumo de eletricidade para a obtenção de argila calcinada foi de 4,71E-02 e 3,35E-02 kWh/kg, respectivamente, e o valor de média e desvio padrão do consumo de coque de petróleo foi de 8,28E-02 e 2,13E-02 l/kg, respectivamente.

Ainda, tendo em vista que o processo de argila calcinada considera a argila processada como fluxo de produto, foram calculados os valores de média e desvio padrão de 1,28E+00 e 1,15E-01 kg, respectivamente, de acordo com as fontes pesquisadas (Figura 19).



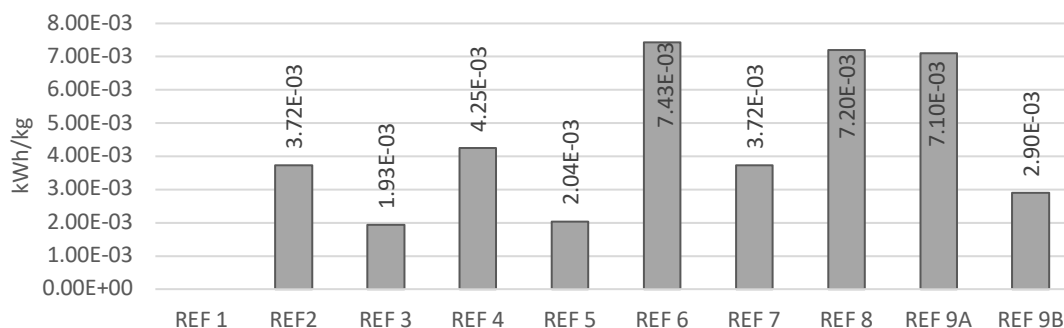
LEGENDA - REF 1: (MALACARNE *et al.*, 2021); REF 2: (ECOINVENT 3.8 DATASET DOCUMENTATION, 2015); REF3: (DANIELI *et al.*, 2020).

Figura 19 - Consumo de argila processada por kg de argila calcinada.

3.2.3 Brita

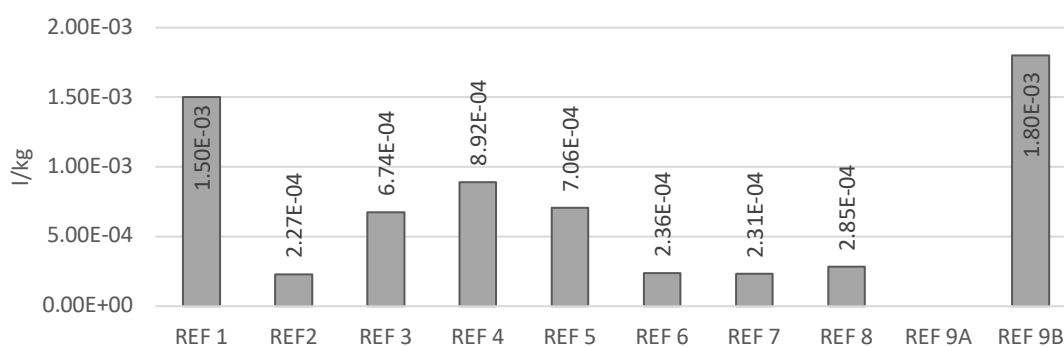
Neste caso, obtiveram-se escassas informações sobre o fluxo de produto de eletricidade. Dos 10 conjuntos de dados utilizadas, somente 5 apresentaram valores de consumo de energia elétrica para o processo de produção do produto (consumo entre 1,93E-03 e 7,43E-03 kWh/kg, de acordo com Figura 20), provenientes dos equipamentos como britadores, peneiras vibratórias e correias transportadoras. O fluxo de produto de diesel diz respeito ao consumo com os

equipamentos e caminhões, utilizados na obtenção da brita comercial, que variou de 2,27E-04 a 1,80E-03 l/kg), Figura 21. Calcularam-se a média e desvio padrão simples para esse conjunto de dados. O processo não considera o consumo de combustível para a retirada da vegetação e da camada de solo rica em material orgânico para acesso à rocha para a produção de brita de interesse comercial.



LEGENDA - REF 1: (SANTORO; KRIPKA, 2016); REF 2: (ROSADO *et al.*, 2017); REF 3, 4 e 5: ECOINVENT 3.5 DATASET DOCUMENTATION, 2018; REF 6: (ROSSI; SALES, 2014); REF 7: (OCHARÁN; LIMA, 2019); REF 8: (CASTRO *et al.*, 2015); REF 9A 9B: (ROSA, 2010).

Figura 20 - Consumo de eletricidade por kg de brita.



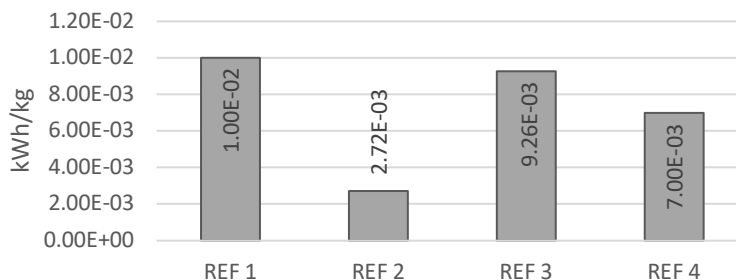
LEGENDA - REF 1: (SANTORO; KRIPKA, 2016); REF 2: (ROSADO *et al.*, 2017); REF 3, 4 e 5: ECOINVENT 3.5 DATASET DOCUMENTATION, 2018; REF 6: (ROSSI; SALES, 2014); REF 7: (OCHARÁN; LIMA, 2019); REF 8: (CASTRO *et al.*, 2015); REF 9A 9B: (ROSA, 2010).

Figura 21 - Consumo de diesel por kg de brita. Ignorados os valores iguais a zero (não calculado).

Sendo assim, o valor de média e desvio padrão do consumo de eletricidade para a obtenção de brita comercial foi de 4,48E-03 e 2,21E-03 kWh/kg, respectivamente e o valor de média e desvio padrão do consumo de diesel foi de 7,28E-04 e 5,82E-04 l/kg, respectivamente.

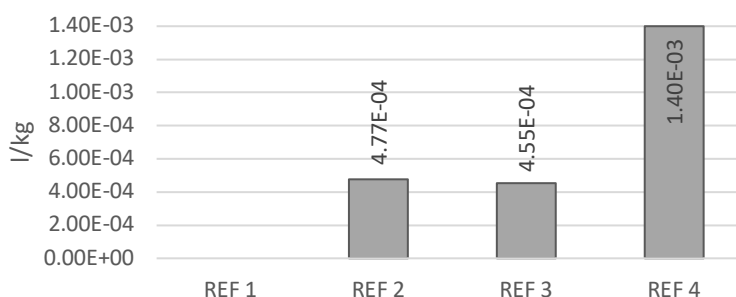
3.2.4 Calcário processado

O consumo de energia elétrica para o processo de produção do produto variou entre 2,27E-03 e 1,00E-02 kWh/kg), conforme Figura 22, provenientes dos equipamentos como britadores, peneiras vibratórias e correias transportadoras. Já o fluxo de produto de diesel diz respeito ao consumo com os maquinários e caminhões utilizados na obtenção do calcário processado, e variou de 4,55E-04 a 1,40E-03 l/kg, Figura 23. Calcularam-se a média e desvio padrão simples para esse conjunto de dados. O processo não considera o consumo de combustível para a retirada da vegetação e da camada de solo rica em material orgânico para acesso à rocha para a produção do calcário processado.



LEGENDA - REF 1: (FERNANDES *et al.*, 2015); REF 2: (BUSATO, 2020); REF 3: (SOUSA, 2011); REF 4: (BESSA, 2010).

Figura 22 - Consumo de eletricidade por kg de calcário processado.



LEGENDA - REF 1: (FERNANDES *et al.*, 2015); REF 2: (BUSATO, 2020); REF 3: (SOUSA, 2011); REF 4: (BESSA, 2010).

Figura 23 - Consumo de diesel por kg de calcário processado. Ignorar valor igual a zero (não calculado).

Sendo assim, o valor de média e desvio padrão do consumo de eletricidade para a obtenção do calcário processado foi de 1,21E-03 e 3,28E-03 kWh/kg, respectivamente, e o valor de média e desvio padrão do consumo de diesel foi de 7,77E-04 e 5,39E-04 l/kg, respectivamente.

3.2.5 Fíler calcário

Considera-se, nesse processo, a entrada do calcário processado na usina de processamento do fíler calcário. Dessa forma, foi considerada somente a etapa de moagem do calcário para a obtenção do fíler calcário.

Dados internacionais de consumo de eletricidade da moagem do calcário para produção do fíler foram adotados, devido à falta de dados nacionais. No entanto, como os processos são semelhantes, considera-se essa adoção pertinente até que dados nacionais estejam disponíveis. Ainda, não foram encontrados dados nacionais de distância de transporte do calcário até a usina de processamento do fíler calcário.

O consumo de energia elétrica para a atividade de moagem do calcário foi obtido com base no relatório europeu – European Cement Research Academy (FLEIGER *et al.*, 2015). A Figura 24 apresenta o consumo de energia elétrica de moagem em função da massa superficial específica do calcário utilizando o método de Blaine (cm²/g). A energia tende a aumentar com a finura. A Equação 1 foi utilizada para estimar consumo de energia (Ec em kWh/t) em função da finura do calcário (x em cm²/g).

$$E_c = 7^{-0,7x^2} + 0,0001x + 2.6204$$

Equação 1 – Estimativa do consumo de energia elétrica no processo de moagem do calcário. Fonte: Fleiger *et al.* (2015).

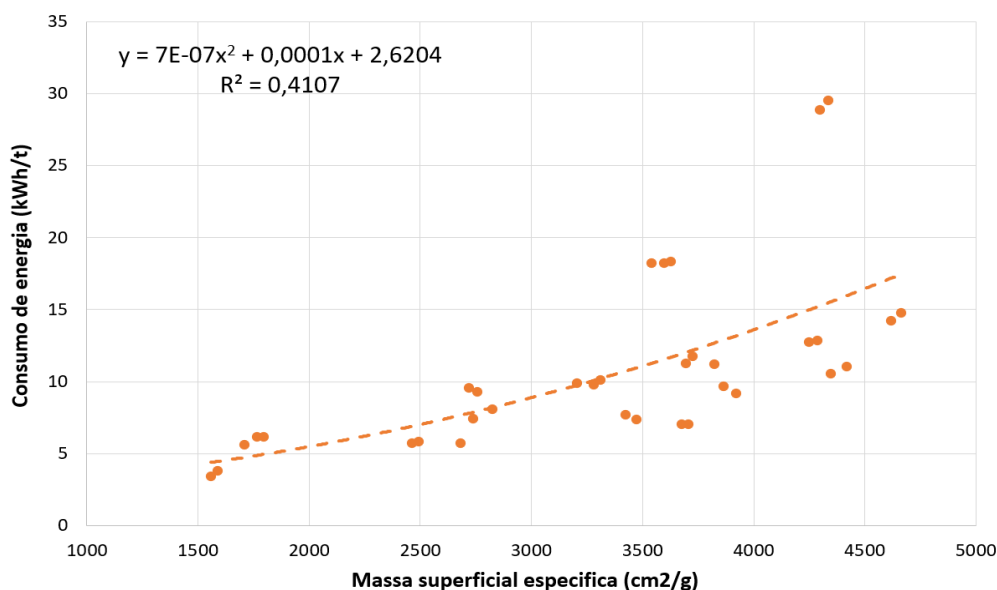
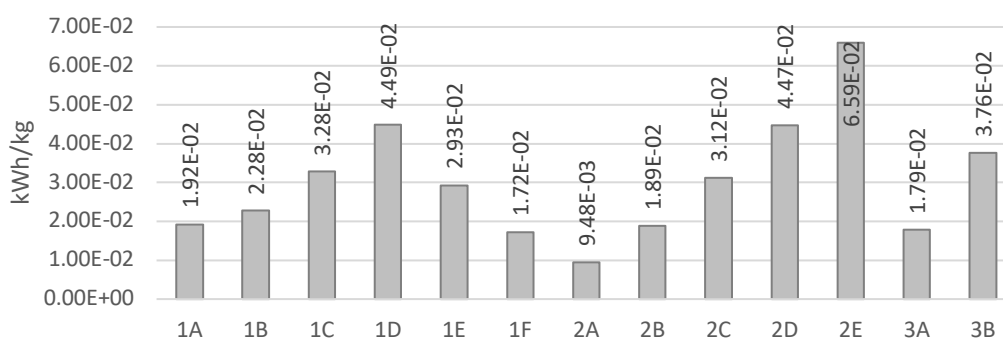


Figura 24 – Consumo de energia elétrica de moagem em função massa superficial específica do calcário utilizando o método de Blaine (cm²/g), com base em (FLEIGER et al., 2015).

Com base em 3 referências bibliográficas, apresentadas na Figura 25, foram coletadas as principais finuras de moagem do calcário para produção de fíler e os consumos energéticos correspondentes. O consumo de energia elétrica variou entre 9,48E-03 e 6,59E-02 kWh/kg, conforme Figura 23. Calcularam-se a média e desvio padrão simples para esse conjunto de dados.



LEGENDA – REF 1A, 2B, 2C, 2D, 2E E 2F: (MICHEL et al., 2007); REF 2A, 2B, 2C, 2D E 2E: (BENJEDDOU et al., 2021); REF 3A E 3B: (SACA e GEORGESCU, 2014).

Figura 25 – Consumo de eletricidade por kg de fíler calcário na etapa de moagem.

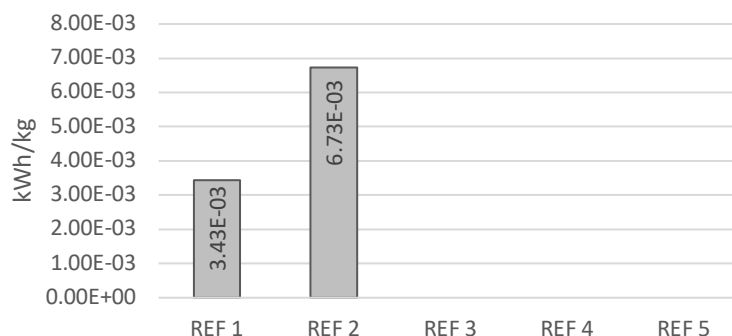
Sendo assim, o valor de média e desvio padrão do consumo de eletricidade da moagem para obtenção do fíler calcário foi de 2,93E-02 e 1,53E-02 kWh/kg, respectivamente.

Dessa forma, foi considerado o fluxo de produto do calcário processado, além dos valores de média e desvio padrão do consumo de eletricidade calculados anteriormente, no processo total da obtenção do fíler calcário.

3.2.6 Gipsita processada

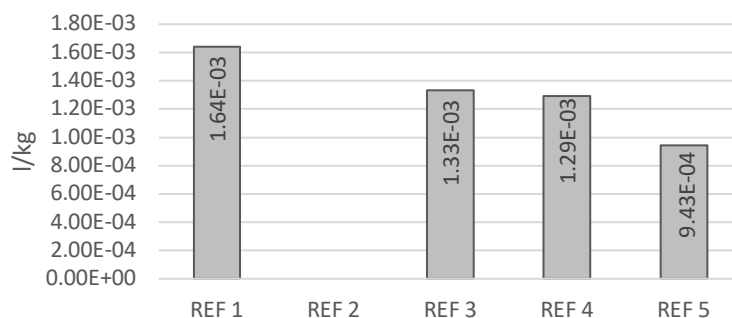
Obtiverem-se poucas informações sobre o fluxo de consumo de eletricidade. Dos 5 dados utilizados, somente 2 apresentaram valores de consumo de energia elétrica para o processo de produção do mineral (consumo entre 3,43E-03 e 6,73E-03 kWh/kg, conforme Figura 26), provenientes dos equipamentos como britadores, peneiras vibratórias e correias

transportadoras. O fluxo de produto de diesel diz respeito ao consumo com os equipamentos e caminhões utilizados na obtenção da gipsita processada, que variou de $9,43E-04$ a $1,64E-03$ l/kg (Figura 27). Calcularam-se a média e desvio padrão simples para esse conjunto de dados.



LEGENDA - REF 1: (SILVA, 2013); REF 2: (CARVALHO, 2012); REF 3: (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 2014); REF 4: (BASTOS, 2013); (ROCHA, 2017).

Figura 26 - Consumo de diesel por kg de gipsita processada. Ignorar os valores iguais a zero (não calculado).



LEGENDA - REF 1: (SILVA, 2013); REF 2: (CARVALHO, 2012); REF 3: (INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO, 2014); REF 4: (BASTOS, 2013); (ROCHA, 2017).

Figura 27 - Consumo de eletricidade por kg de gipsita processada. Ignorar os valores iguais a zero (não calculado).

Sendo assim, o valor de média e desvio padrão do consumo de eletricidade para a obtenção de gipsita processada foi de $5,08E-03$ e $2,33E-03$ kWh/kg, respectivamente, e o valor de média e desvio padrão do consumo de diesel foi de $1,30E-03$ e $2,85E-04$ l/kg, respectivamente.

4 Inventário do processo

As tabelas a seguir apresentam os inventários elaborados.

Tabela 2 - Inventário do fluxo elementar da produção de areia processada.

Fluxo	Unid.	Fluxos de inventário	
		Qtde. (média)	Desv. padrão
Entradas			
Areia	kg	1,00E+00	-
Eletricidade	kWh	1,38E-04	9,73E-04
Óleo diesel (combustão)	L	2,13E-03	1,66E-03
Saída			
Areia processada	kg	1,00E+00	-

Tabela 3 - Inventário do fluxo de produto de 1 kg de argila calcinada.

Fluxo	Unid.	Fluxos de inventário	
		Qtde. (média)	Desv. padrão
Entradas			
Argila processada	kg	1,28E+00	-
Eletricidade	kWh	4,71E-02	3,35E-02
Coque de petróleo (combustão)	kg	8,28E-02	2,13E-02
Saída			
Argila calcinada	kg	1,00E+00	-

Tabela 4 - Inventário do fluxo de produto de 1 kg de brita.

Fluxo	Unid.	Fluxos de inventário	
		Qtde. (média)	Desv. padrão
Entradas			
Rocha	kg	1,00E+00	-
Eletricidade	kWh	4,48E-03	2,21E-03
Óleo diesel (combustão)	L	7,28E-04	5,82E-04
Saída			
Brita	kg	1,00E+00	-

Tabela 5 - Inventário do fluxo de produto de 1 kg de calcário processado.

Fluxo	Unid.	Fluxos de inventário	
		Qtde. (média)	Desv. padrão
Entradas			
Calcário	kg	1,00E+00	-
Eletricidade	kWh	1,21E-03	3,28E-03
Óleo diesel (combustão)	L	7,77E-04	5,39E-04
Saída			
Calcário processado	kg	1,00E+00	-

Tabela 6 - Inventário do fluxo de produto de 1 kg de calcário fíler calcário.

Fluxo	Unid.	Fluxos de inventário	
		Qtde. (média)	Desv. padrão
Entradas			
Calcário processado	kg	1,00E+00	-
Eletricidade	kWh	2,93E-02	1,53E-02
Saída			
Fíler calcário	kg	1,00E+00	-

Tabela 7 - Inventário do fluxo de produto de 1 kg de gipsita processada.

Fluxo	Unid.	Fluxos de inventário	
		Qtde. (média)	Desv. padrão
Entradas			
Gipsita	kg	1,00E+00	-
Eletricidade	kWh	5,08E-03	2,33E-03
Óleo diesel (combustão)	L	1,30E-03	2,85E-04
Saída			
Gipsita processada	kg	1,00E+00	-

5 Análise dos indicadores

Os indicadores obtidos no Sidac foram comparados aos valores dos indicadores encontrados na literatura. Observa-se que poucas referências nacionais apresentam indicadores de emissão direta de CO₂ e demanda de energia primária, do berço ao portão, visto que o uso da Avaliação do Ciclo de Vida ainda é incipiente no Brasil.

As Figura 28 a Figura 30 apresentam os resultados obtidos pelo Sidac para as emissões de CO₂ pelos processos de obtenção da areia processada, argila calcinada e brita, em comparação com resultados publicados na literatura, sendo que para os processos (calcário, filer calcário e gipsita processada) não foram encontrados dados nacionais de emissões de CO₂ do processo de produção dos mesmos, porém ao analisar dados internacionais disponíveis na base de dados ecoinvent, observou-se coerência nos intervalos mínimos e máximos obtidos pelos indicadores do Sidac.

As emissões de CO₂ fóssil apresentadas pelo Sidac, consideraram a soma das emissões de CO₂ de todas as etapas do processo de produção dos minerais, incluindo óleo diesel, energia elétrica e em específico para argila calcinada, o coque de petróleo.

Embora a etapa de extração da argila não faça parte do escopo do processo da argila calcinada, ao cadastrar a argila como uma das entradas, as emissões de CO₂ produzidas pelo processo de extração dessa matéria prima foram somadas às emissões do processo de produção da argila calcinada. Da mesma forma ocorreu para o processo de filer calcário, ao cadastrar o calcário como uma das entradas no processo.

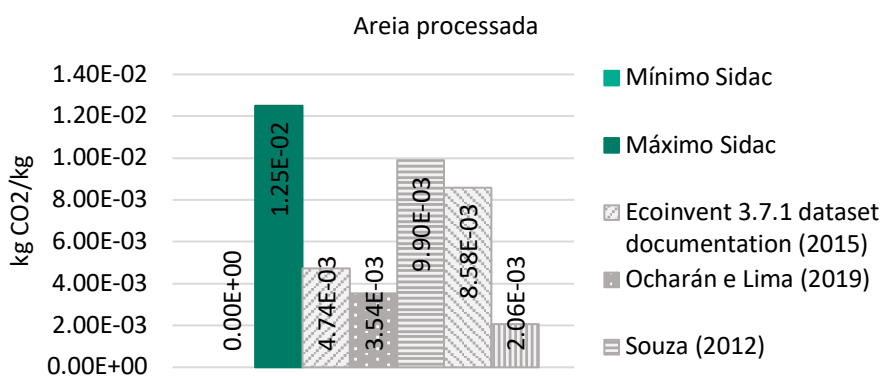


Figura 28 - Comparação entre resultados de emissões de CO₂ para areia processada com dados Sidac e literatura.

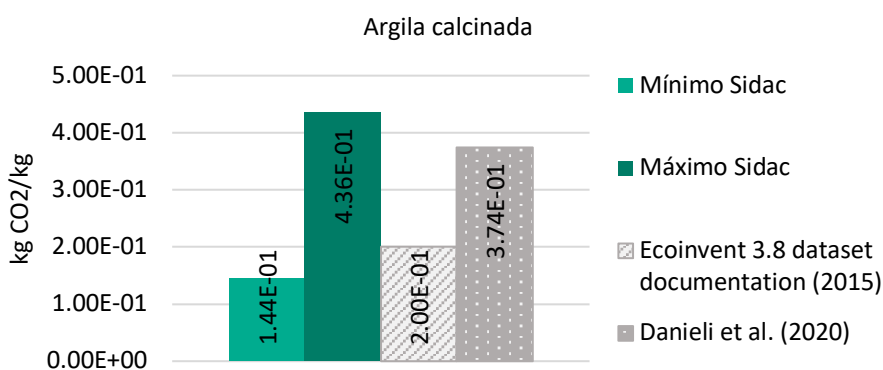


Figura 29 - Comparação entre resultados de emissões de CO₂ para argila calcinada com dados Sidac e literatura.

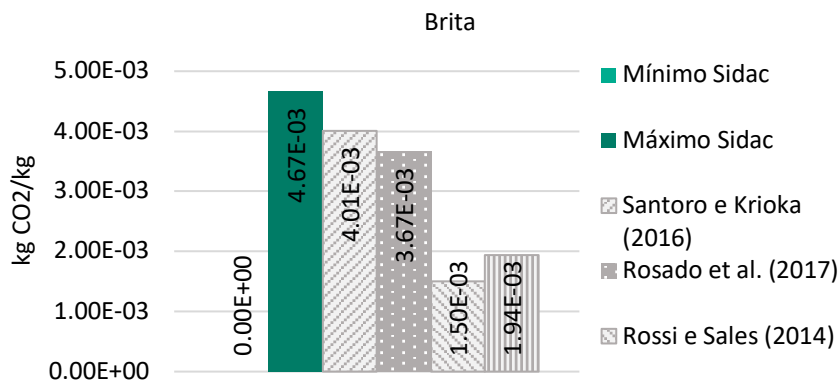


Figura 30 - Comparação entre resultados de emissões de CO₂ para brita com dados Sidac e literatura.

De um modo geral, os valores dos indicadores calculados pelo Sidac para os minerais parecem coerentes.

6 Considerações finais

A produção bibliográfica brasileira com enfoque na pegada de carbono no processo produtivo dos minerais é escassa. Foram levantados alguns estudos que subsidiaram informações para o cálculo dos indicadores genéricos.

Entende-se que os valores de emissões de CO₂ são teóricos e podem variar segundo a composição química dos minerais, tipologia, impurezas e eficiência dos equipamentos utilizados no processo de produção.

Como resultado, tem-se uma faixa de variação ampla tanto para a demanda energética quanto para as emissões de CO₂, o que representa a pluralidade do setor dos principais minerais da construção produzidos no Brasil.

7 Referências

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7225**: Materiais de pedra e agregados naturais. Rio de Janeiro, RJ, 1993.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12653**: Materiais pozolânicos. Rio de Janeiro, RJ, 1992.
- BALANÇO MINERAL BRASILEIRO. **Agregados para construção civil**. Brasília, DF, p. 1-692, 2001.
- BASTOS, Flávia de Freitas. **Aplicação da Terrace Mining como alternativa para lavra de gipsita na região do Araripe-Pernambuco**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2013.
- BARGER, G. S.; HANSEN, E. R.; WOOD, M. R.; NEARY, T.; BEECH, D. J. ; JAQUIER, D. Production and use of calcined natural pozzolans in concrete. **Cement, concrete, and aggregates**, v. 23, n. 2, 2001, pp. 73–80.
- BENJEDDOU, O.; ALWETAISHI, M; TOUNSI, M.; ALYOUSEF, R. Effects of limestone filler fineness on the rheological behavior of cement – Limestone filler grouts. **Ain Shams Engineering Journal**, v. 12, n. 4, p. 3569–3578, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2021.03.020>.
- BESSA, V. M. T. **Contribuição à metodologia de avaliação das emissões de dióxido de carbono**

no ciclo de vida das fachadas de edifícios de escritórios. Tese. (Doutorado em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2010.

BUSATO, L. C. Estudo de Impacto Ambiental da Ampliação da Mina de Bocaina - EIA/RIMA. 2020.

CAMARGOS, M. E. **Aplicação do conceito indústria 4.0 no beneficiamento de calcário.** Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Ciência Exatas e da Computação da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia/GO, 2020.

CARVALHO, M. X. S. de. **Equipamentos de Fragmentação: Uma revisão avaliando circuitos alternativos par amoagem de finos.** Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia de Minas) Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2012.

CASTRO, A.; SILVA, F. B.; ARDUIN, R. H.; OLIVEIRA, L. A.; BECERE, O. H. Análise da viabilidade técnica da adaptação de dados internacionais de inventário de ciclo de vida para o contexto brasileiro: um estudo de caso do concreto para paredes moldadas no local. In: 57o Congresso Brasileiro do Concreto, 2015, Bonito. **Anais [...]** Bonito, MS, 2015.

DANIELI, S.; SILVA, M. R. C.; MALACARNE, C. S.; MACIEL, V. G.; KIRCHHEIM, A. P. Avaliação do ciclo de vida em argilas calcinadas passíveis de uso em LC3. In: 6º Encontro Nacional sobre Aproveitamento de Resíduos na Construção Civil, 2019, Belém. **Anais [...]** Belém, PA, 2020.

ECOINVENT. Ecoinvent version 3.6. Disponível em: <https://www.ecoinvent.org/>. Acessado em: 20 de Janeiro de 2022.

ECOINVENT. Ecoinvent version 3.7. Disponível em: <https://www.ecoinvent.org/>. Acessado em: 18 de Dezembro de 2021.

ECOINVENT. Ecoinvent version 3.8. Disponível em: <https://www.ecoinvent.org/>. Acessado em: 22 de Janeiro de 2022.

European Cement Research Academy - ECRA Future Grinding Technologies - Report about Phase 1. Technical Report TR 127/2015, p. 1–67, 2015. Disponível em: https://ecra-online.org/fileadmin/redaktion/files/pdf/ECRA_TR_Future_Grinding_Technologies_Phase_1.pdf. Acessado em: 16 de Dezembro de 2021.

FERNANDES, Francisco Rego Chaves *et al.* **Tecnológicas Brasil 2015.** [S. l.: s. n.], 2015.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. FIESP. **Impactos sociais e econômicos da Regulamentação CONAMA sobre intervenção em APP sobre o setor de agregados e argilas.** 2006.

FLEIGER, Philipp *et al.* ECRA Future Grinding Technologies - Report about Phase 1. **Technical Report TR 127/2015**, [s. l.], p. 1–67, 2015. Disponível em: https://ecra-online.org/fileadmin/redaktion/files/pdf/ECRA_TR_Future_Grinding_Technologies_Phase_1.pdf.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM. II Inventário de Gases Efeito Estufa do Setor Mineral, p. 112, 2014.

JUNIOR, A. C. de A. G. **Diretrizes com base em avaliação do ciclo de vida para redução de emissão de dióxido de carbono em revestimento de argamassa.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-graduação em Geotecnia, Estruturas e Construção Civil da Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2013.

LUZ, A. B. da; LINS, F. A. F.; (org.). **Rochas e minerais industriais usos e especificações.** 2a edição, v. 4. Rio de Janeiro, RJ, 2008.

MALACARNE C. S.; SILVA, M. R. C da.; DANIELI, S.; MACIEL, V. G.; KIRCHHEIM, A. P. Environmental and technical assessment to support sustainable strategies for limestone calcined clay cement

production in Brazil. **Construction and Building Materials**, v. 310, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125261>.

MANUAL DE AGREGADOS PARA CONSTRUÇÃO CIVIL, 2ª Edição/Ed. Adão Benvindo da Luz e Salvador Luiz M. de Almeida. Rio de Janeiro, RJ, **CETEM/MCTI**, 2012.

MICHEL, F.; PIÉRARD, J.; COURARD, L.; POLLET, V. Influence of physico-chemical characteristics of limestone fillers on fresh and hardened mortar performances. *Self-Compacting Concrete SCC 2007*, 2007. Disponível em: <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/176240>CHARÁN, José Luis Saravia; LIMA, Francisco Mariano da Rocha de Souza. Avaliação do ciclo de vida da produção de areia, brita e agregados reciclados para a construção civil. **VIII Jornada do Programa de Capacitação Institucional - PCI/CETEM**, [s. l.], p. 54–61, 2019.

OCHARÁN, J. L. S.; LIMA, F. M. R. S. Avaliação do ciclo de vida da produção de areia, brita e agregados reciclados para a construção civil. **VIII Jornada do Programa de Capacitação Institucional - PCI/CETEM**, p. 54–61, 2019.

REBELLO, T. A. **Avaliação do ciclo de vida do processamento de lama do beneficiamento de rochas ornamentais: um estudo comparativo com areia, argila e fíler**. Trabalho de Conclusão de Curso. (Curso de Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES, 2017.

RESENDE, D. R. de; VIEIRA, S. P. Efeitos da substituição de fíler calcário por rocha fosfática na obtenção de concreto autoadensável. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 16., 2016, São Paulo. **[Anais...]** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

ROCHA, S. S. **Análise comparativa dos benefícios econômicos, operacionais e ambientais do método terrace mining na mineração de gipsita do polo gesseiro do Araripe**, v. 110265, p. 110493, 2017.

ROSA, R. P. da. **Consumo energético para produção de blocos de concreto: estudo comparativo com blocos cerâmicos através da avaliação do ciclo de vida**. Trabalho de Diplomação (Curso de Engenharia Civil) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS 2010.

ROSADO, L. P.; VITALE P.; PENTEADO, C. S. G. Life cycle assessment of natural and mixed recycled aggregate production in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 151, p. 634–642, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.068>.

ROSSI, E. **Avaliação do ciclo de vida da brita para a construção civil: estudo de caso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, SP, 2013.

ROSSI, E.; SALES A. Carbon footprint of coarse aggregate in Brazilian construction. *Construction and Building Materials*. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.08.090>.

SACA, N.; GEORGESCU, M. Behaviour of Portland limestone cement mortars in magnesium sulfate solution. **Revista Romana de Materiale/ Romanian Journal of Materials**. 44. 5-16, 2014.

SALVI MALACARNE, Camila *et al.* Environmental and technical assessment to support sustainable strategies for limestone calcined clay cement production in Brazil. **Construction and Building Materials**, [s. l.], v. 310, n. August, p. 125261, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125261>

SANTORO, J. F.; KRIPKA, M. Determinação das emissões de dióxido de carbono das matérias primas do concreto produzido na região norte do Rio Grande do Sul. **Ambiente Construído**, v. 16, n. 2, p. 35–49, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212016000200078>.

SILVA, M. G. Cimentos Portland com adições minerais (Portland cement with mineral additions). In: Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais, ed. Isaia, G. C. São Paulo: IBRACON, 2007 [Anais...]. pp. 761-794.

SILVA, Ricardo Alves da. **Estudo comparativo de duas alternativas de decapeamento para lavra de gipsita na região do Araripe-PE**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mineral) Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Univerdidade Federal de Pernambuco, 2013.

SOUSA, J. F. de. RIMA - Extração e Beneficiamento de Calcário Calcítico – Lagoinha/Quixeré-CE, 2011.

SOUZA, A. de. **Avaliação do ciclo de vida da areia em mineradora de pequeno porte, na região de São José do Rio Preto-SP**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Pós-Graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, SP, 2012.