

III-027 – GESSO: RESÍDUO OU REJEITO?

Wilky Fernandes Vogado⁽¹⁾

Graduando do curso de Engenharia Civil na Universidade Federal do Piauí.

Elaine Aparecida da Silva⁽²⁾

Docente e pesquisadora vinculada ao Departamento de Recursos Hídricos, Geotecnia e Saneamento Ambiental e ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal do Piauí.

Endereço⁽¹⁾: Rua 24 de Janeiro 2139 - Macaúba- Teresina - PI- CEP: 64016-903 - Brasil - Tel: (89) 99982-9415 - e-mail: wilkyfernandes@gmail.com

RESUMO

O gesso é largamente utilizado na construção civil. A gipsita, a sua matéria prima, é obtida através da mineração, tem grande valor econômico e dá origem a produtos importantes para a sociedade. O Brasil possui reservas de gipsita concentradas, principalmente, no Polo do Araripe; porém, além de Pernambuco, outros estados brasileiros possuem gipsita, como o estado do Piauí. Na cidade de Teresina, capital do referido estado, estão situadas várias empresas que atuam no ramo gesseiro e fornecem produtos como forros e rebocos. Os produtos não são comercializados apenas na capital, outros municípios também são atendidos. Devido à alta demanda e ao potencial poluidor que as atividades do setor podem ter, não só em Teresina, mas em qualquer outro local, é necessário entender o ciclo do gesso e analisar como está sendo feito o manejo dos resíduos pós-fabricação e pós-consumo em busca de avaliar se a legislação brasileira está sendo atendida. Nesta pesquisa, realizada na cidade de Teresina-PI, constatou-se que os resíduos de gesso são tratados como rejeitos, com baixo teor de reciclagem ou reutilização, e, além disso, o descarte é feito na maioria das vezes de forma incorreta e danosa ao meio ambiente.

PALAVRAS-CHAVE: Gesso, Rejeitos, Gerenciamento de Resíduos, Resíduo da Construção Civil, Sustentabilidade na Construção Civil.

INTRODUÇÃO

Até o final do século XVIII, o crescimento econômico e populacional da humanidade era modesto; porém, a partir da revolução industrial e energética ocorrida nessa época, que trouxe consigo a divisão social do trabalho, o uso indiscriminado de combustíveis fósseis e a larga aplicação das tecnologias de produção a diversos setores, as intervenções do homem no meio ambiente aumentaram (ALVES, 2014).

A população mundial ultrapassa 7 bilhões de pessoas. Número que acaba sobrecarregando os recursos naturais, além de gerar maiores índices de degradação, como desmatamento de áreas florestais, perda da biodiversidade aliada à poluição terrestre e marinha (ONU, 2013). Esses fatores põem em risco o futuro da civilização. Tal contexto é nomeado pela comunidade científica de diversas formas, dentre elas “Desequilíbrio Global”. Diante disso, o desenvolvimento sustentável é o maior desafio para a humanidade no século XXI (FARIAS, et. al, 2013).

O vasto patrimônio mineral brasileiro coloca o país entre os principais mineradores do mundo. Com o elevado índice de crescimento mundial, houve também aumento da demanda por minérios. Entre 2001 e 2011, a produção mineral brasileira cresceu cerca de 550% (de US\$7,7 bilhões para US\$50 bilhões). Dentre os materiais minerados, pode-se citar o nióbio, o minério de ferro, manganês e a gipsita. Esse último tem grande importância na construção civil (IBRAM, 2011).

Uma nova revolução industrial é necessária, porém com novas características. Ela deverá valorizar a segurança energética e ambiental, com baixa emissão de CO₂ na produção de energia, por exemplo. A necessidade do desenvolvimento é indiscutível e a necessidade de conservar os recursos naturais também (SUGDEN, WEBB, KERR, 2012).

A construção civil tem contribuído para a poluição ambiental. Nas suas atividades é gerado um grande volume de resíduos sólidos, que por muitas vezes são descartados de forma incorreta. O reaproveitamento, a reciclagem e o descarte de forma racional podem reduzir as agressões à saúde humana e ao meio ambiente. Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o gerenciamento de resíduos de gesso descartados na cidade de Teresina-PI, além de descrever a cadeia produtiva, identificar a origem e seu o processo de beneficiamento.

GESO

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2009), o Brasil possui grande quantidade de minas de gipsita, sendo o 16º maior produtor mundial, porém todas essas minas são localizadas nas regiões Norte, Nordeste e Centro Oeste do país. As mesmas estão inseridas nas bacias do Amazonas, do Parnaíba, do Tocantins, Potiguar, do Araripe e do Recôncavo. Dentre elas, destacam-se tanto pela qualidade quanto pelo volume, os depósitos encontrados nos estados do Pará, Bahia e Pernambuco.

Há minas de gipsita em nove estados brasileiros (Amazonas, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Bahia e Tocantins), porém a maior parte da produção brasileira se concentra no polo do Araripe, localizado na divisa entre os estados de Pernambuco, Ceará e Piauí (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009). Na tabela 1 é apresentada a distribuição de minas de gipsita por estado, e na tabela 2 as reservas de gipsita, também por estado.

Tabela 1: Distribuição das minas de gipsita nos estados brasileiros

UF	Número de Minas	Ativas	Paralisadas
AM	1	1	0
BA	3	0	3
MA	11	3	8
PI	2	0	2
PE	55	37	18
CE	4	2	2
TO	2	1	1
PA	0	0	0
TOTAL	78	44	34

Fonte: DNPM (2009).

Tabela 2: Reservas de gipsita nos estados brasileiros

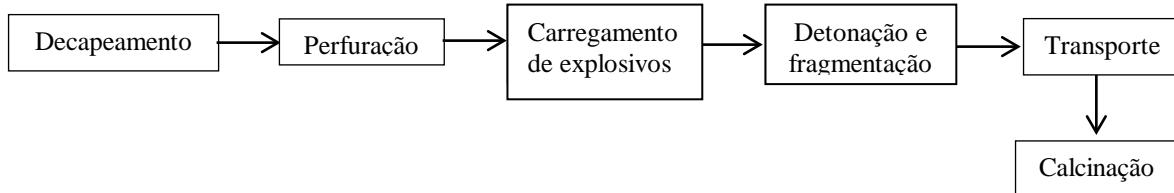
UF	Reserva Medida t	Reserva Indicada t	Reserva Inferida t	Total t
AM	195830	1365120	0	1560950
BA	461343861	93997000	166280000	721620861
MA	13787974	1524951	0	15312925
PI	1872570	522000	1243000	3637570
PE	233555140	93155977	78929249	405640366
CE	3939783	0	0	3939783
TO	658191	186211	236790	1081192
PA	189619891	204119355	186739654	580487900
TOTAL/BR	904 973 240	394870614	433428693	1733272547

Fonte: DNPM (2009).

Segundo dados do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), no estado do Piauí, existem doze processos para a implantação de minas de gipsita; dos quais dez em fase de autorização de pesquisa que somam uma área, de aproximadamente, 4997,94 ha e dois em fase de concessão de lavra com área, de aproximadamente, 135 ha. As doze localizadas na região entre os municípios de Betânia do Piauí e Caridade do Piauí (DNPM, 2019).

O gesso é utilizado como material de revestimento, aplicado diretamente em paredes e forros, tendo como vantagens a facilidade de instalação e manutenção, desempenho acústico, entre outras. O mesmo é obtido através da calcinação da gipsita (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL, 2012). O seu processo de obtenção pode ser dividido em: extração do gipso; preparação para calcinação; calcinação e seleção (BARBOSA, FERRAZ e SANTOS, 2014), processo representado na figura 1.

Figura 1: Fluxograma da produção de gipsita



Fonte: Adaptado de Ministério de Minas e Energia (2009).

O processo de preparação da gipsita para calcinação é dividido em várias etapas: britagem; moagem grossa; estocagem; secagem; moagem fina e acondicionamento. Durante a calcinação, a gipsita é desidratada numa temperatura entre 140 e 160°C (BARBOSA, FERRAZ e SANTOS, 2014). A temperatura e pressão do forno, controle de aquecimento, finura e densidade da matéria-prima são fatores que influenciam nas características do produto final (CAMARINI, et. al., 2016).

Devido à grande diversidade de usos e diferentes processos de fabricação, os gessos são tipificados em tipo α e tipo β . A diferença entre esses tipos se dá, principalmente, devido ao processo de calcinação. Se a gipsita for calcinada sob pressão atmosférica ou baixa pressão, será originado o gesso tipo β , porém se o processo de calcinação ocorrer sob pressão de vapor de água saturante, obtém-se gesso do tipo α . As características de cada tipo são (BARBOSA, FERRAZ e SANTOS, 2014):

- Tipo α : Adquire maior valor agregado, e consequentemente preços maiores dos gessos tipo β , por isso, o gesso tipo α é empregado em usos hospitalares e para produção de artefatos com elevado nível de acabamento;
- Tipo β : possui custo de produção mais baixo que o primeiro tipo, devido, principalmente, a sua calcinação ocorrer sob pressão atmosférica, porém a sua qualidade é inferior ao do tipo α .

Entre os produtos finais obtidos a partir do gesso, tem-se as placas de gesso acartonado, amplamente utilizadas em forros. A produção das placas é feita partindo da extração das rochas de gesso da pedreira, não devendo ultrapassar o diâmetro de 5 cm, em seguida, as rochas são transportadas e passam pelo processo de calcinação, onde perdem cerca de 70% de umidade. O gesso em pasta, obtido dos procedimentos anteriores, é misturado a água e a algumas substâncias químicas. Logo após, a solução obtida é despejada em uma folha de celulose, e coberta com outra na parte superior, e depois compactada por um sistema de rolos até adquirir a espessura desejada. Após ser deixada em repouso, a placa começa a endurecer, e para finalizar essa etapa do processo, ela é levada ao forno, para perder o resto de umidade (QUINTANA, et. al., 2018).

A calcinação da gipsita é reversível, as reações químicas ocorridas no processo possuem o caminho inverso, ao entrar em contato com a água, o hemi-hidratado se hidrata e é transformada na forma di-hidratada, característica que contribui para a reciclagem (BALTAR, BALTAR e BENACHOUR, 2013). Os resíduos de gesso podem ser reciclados até o terceiro ciclo, pois até esse ponto o produto consegue manter suas propriedades, daí em diante podem ocorrer perdas de algumas características desejadas. O processo de reciclagem do gesso pode ser uma solução econômica e ambiental para os resíduos (ERBS, et. al., 2018).

O gesso cartonado danificado ou não utilizado de distribuidores e revendedores e os resíduos de instalação se tornam resíduos de construção, bem como os resíduos resultantes de trabalhos de desconstrução ou de demolição. Assim, esses processos demandam práticas eficientes para a sua realização a fim de aumentar o fluxo de resíduos de gesso reciclado (GtoG project, 2015).

IMPACTOS RELACIONADOS AO USO DO GESSO

A calcinação pode provocar poluição do ar e desmatamento de matas para uso de lenhas (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2009), a extração da gipsita que geralmente envolve o uso de energia elétrica e combustível diesel, é uma atividade mineradora potencialmente causadora de impactos no que se diz respeito à ocupação do solo, uso de energia e perda da biodiversidade (RIVERO; SATHRE; NAVARRO, 2016). Além disso, o gesso pode causar outros impactos ao meio ambiente em seu ciclo de vida, como os relacionados ao seu descarte inadequado e, ainda, à saúde humana.

Dados de uma amostra de 2486 habitantes, dos quais 472 foram entrevistados, no município de Araripina, cidade integrante do polo gesseiro de Pernambuco, responsável por mais de 90% da produção nacional de gesso, os problemas de saúde mais relatados foram: irritação dos olhos (42,92%), sangramento de nariz (37,39%), tosse (28,26%), cansaço (21,73%), irritação na pele (18,48%), falta de ar (16,26%) e história de doença respiratória pregressa (16,34%), sendo que crianças (de 1 a 9 anos) e idosos (>60 anos) relataram maior quantidade de problemas respiratórios. A poeira de gesso contida nos domicílios avaliados foi identificada como a principal causadora de tais problemas (MEDEIROS; HURTADO-GUERREIRO; SILVA, 2010).

Em estudo feito com um modelo do ciclo de vida baseado nos fluxos de massa de gesso na União Europeia (UE-27) no ano de referência (2013), em relação ao uso de energia do ciclo de gesso, os cenários com baixo grau de reciclagem (0% dos resíduos de gesso reciclado) e com alto grau de reciclagem (100% dos resíduos de gesso reciclados) não apresentam diferenças significativas, pois a energia poupada na mineração, transporte de gesso natural e disposição final, é praticamente consumida com processos de transporte de resíduos de gesso acartonado, gesso reciclado e pré-processamento de material durante a fabricação, porém a emissão de gases de efeito estufa reduz significativamente com o aumento do grau de reciclagem. Esse mesmo estudo revela que de 87,2% dos resíduos de gesso são descartados em aterro e menos de 10% tem outras destinações, como a reciclagem. Além disso, o consumo de energia estimado foi de 46 MJ/m² de placas de gesso produzidas, sendo, aproximadamente, 19,75 MJ/m² do consumo na fase de produção que acontece nas indústrias (RIVERO; SATHRE; NAVARRO, 2016).

Neste trabalho, foi verificado como o gesso descartado na cidade de Teresina-PI é gerenciado: se é tratado como resíduo (reaproveitado e/ou reciclado) ou como rejeito (disposto em área de aterros). Conforme indica a Política Nacional dos Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/2010), só devem ser encaminhados para aterro materiais que não possuem potencial de revalorização (BRASIL, 2010).

POLÍTICA NACIONAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS) brasileira, instituída pela Lei nº 12.305/2010, é de suma importância na resolução de problemas relacionados ao manejo dos resíduos sólidos, sejam eles, ambientais, sociais e econômicos. Essa lei dispõe de princípios, objetivos e instrumentos.

Na referida Lei, os termos resíduos e rejeitos apresentam significação diferentes. O primeiro é resultado das atividades humanas em diversos setores, de forma sólida, semissólida, que podem ser reutilizados ou reciclados; além disso, é um bem econômico de valor social, gerador de emprego e renda nas atividades de reciclagem e reutilização. Já os rejeitos são resíduos sólidos depois de esgotadas todas as opções de tratamento ou recuperação economicamente viável, restando apenas o descarte ambientalmente correto (BRASIL, 2010).

Os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com a origem em: resíduos domiciliares, resíduos de limpeza urbana, resíduos sólidos urbanos, resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, resíduos dos serviços públicos de saneamento básico, resíduos industriais, resíduos de serviços de saúde, resíduos agrossilvopastorais, resíduos de serviços de transportes, resíduos de mineração, resíduos da construção civil.

A resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (nº 307/2002) implementa diretrizes, critérios e procedimentos afim de minimizar os impactos ambientais da construção civil. Segundo a resolução, os resíduos de construção civil não devem ser dispostos em encostas, lotes vagos, corpos d'água, em áreas protegidas por lei e em aterros de resíduos sólidos urbanos, além disso, os geradores de resíduos como empreendimentos e

pequenos geradores, devem elaborar o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (CONAMA, 2002).

O Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil deve ser entregue ao órgão competente, junto ao projeto do empreendimento, a fim de obter licenciamento ambiental. O Projeto deve conter as etapas de caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação, que vão desde a identificação, quantificação até a destinação, que deve ser feita de acordo com a classe dos resíduos (CONAMA, 2012).

POLO GESSEIRO DO ARARIPE

O Polo Gesseiro do Araripe é formado pelos municípios de Araripina, Bodocó, Ipubi, Ouricuri e Trindade (informações na tabela 3), todos no estado de Pernambuco, concentram-se 95% da produção brasileira de gesso (1,3 milhões de toneladas/ano), sendo gerados cerca de 12 mil empregos diretos e 60 mil empregos indiretos, decorrentes das atividades de 324 empresas (26 mineradoras, 64 calcinadoras e 234 fábricas de pré-moldados). A qualidade do minério obtido na região contribui de forma significativa para a alta demanda do gesso na região, o grau de pureza do gesso da região varia de 80 a 95%. Do gesso produzido, 96% é do tipo β , empregado na construção civil (BARBOSA; FERRAZ; SANTOS, 2014; SINDUSGESSO, 2008).

A produção da região possui um grande gargalo no que diz respeito ao transporte. O custo do transporte rodoviário, em alguns casos, diminui a competitividade econômica nos mercados internos e externos. Em 2016, o custo do frete por tonelada chegava a custar R\$ 200,00, enquanto a tonelada de gipsita custava em média R\$ 22,00. Esse problema poderia ser amenizado por meio do uso do transporte ferroviário, que custaria um terço do rodoviário. Com a conclusão da rodovia transnordestina, pois um vagão transporta em média 5 vezes mais que um caminhão (FIEPI, 2017).

Tabela 3: Dados dos municípios do Polo do Araripe

Município	População habitantes	Densidade Demográfica hab/km ²	Salário médio mensal dos trabalhadores formais Salários mínimos	PIB per capita R\$	Receitas oriundas de fontes externas %
Araripina	77.302	40,84	1,8	9445,33	82,6
Bodocó	35.158	21,75	1,6	6302,48	90,8
Ipubi	28.120	32,64	1,6	8489,51	86,3
Ouricuri	64.358	26,56	1,8	8103,52	89,6
Trindade	26.116	113,77	1,6	9760,11	90,5

Fonte: IBGE (2010)

A região do Araripe exerce grande pressão sobre suas florestas, devido a elevada demanda por biomassa, estima-se que são necessários 1.900.000 m³/ano. Isso implica numa superfície de corte sob manejo florestal entre 9.500 ha/ano (ciclo de rotação com 13 anos) e 11.885 ha/ano (ciclo de rotação de 15 anos). O polo tem área de, aproximadamente, 7.100 km², desses 47 000 ha poderiam ser implantados planos de manejo florestal em 47.000 ha, que representariam uma oferta sustentável de lenha (SÁ et.al, 2007)

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas visitas *in loco* às indústrias que realizam o beneficiamento de gesso para a coleta de dados primários (extração e origem das matérias-primas, descrição do processo produtivo, consumo de água e energia – equipamentos utilizados, identificação, caracterização e quantificação dos efluentes e resíduos gerados). Além disso, foram investigados os procedimentos de gerenciamento que tem sido adotado para este material na cidade de Teresina-PI.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município de Teresina possuía 814230 habitantes, no censo de 2010. Na cidade, atuam 17.876 empresas que ocupam 298.736 pessoas, gerando renda média per capita de 2,8 salários mínimos.

Foram visitadas três empresas que atuam no ramo gesseiro na cidade. Para isso foram agendadas entrevistas com representantes das empresas. As entrevistas foram realizadas por meios de questões elaboradas afim de atender as especificidades do trabalho.

As questões foram elaboradas com intuito de conhecer as opções de gerenciamento que tem sido dada ao gesso descartado na cidade de Teresina-PI, além de caracterizar as atividades desenvolvidas nesse setor da construção civil. Além disso, buscou-se aferir o consumo de água e energia associados à produção de artefatos de gesso e identificados os impactos ambientais dessa cadeia produtiva. Para, a partir disso, apontar as possibilidades para que o gerenciamento seja ambientalmente responsável.

RESULTADOS

A fim de manter o anonimato das empresas que forneceram os dados para esta pesquisa, as mesmas são designadas de Empresas A, B e C.

EMPRESA A (FABRICANTE DE PLACAS DE GESSO)

A fabricante de placas de gesso localiza-se no centro da cidade de Teresina, Piauí. O estabelecimento em questão trabalha com a fabricação de materiais a base de gesso como placas e blocos, que depois de fabricados são comercializados na própria cidade.

A principal matéria prima utilizada é o pó de gesso que é originário do Polo do Araripe, em Pernambuco, mais especificamente da cidade de Araripina. A matéria prima chega a Teresina pelo modal rodoviário, em veículos de 12 a 14 toneladas (com a demanda atual da empresa são necessárias 14 toneladas a cada 15 dias), ou veículo com capacidade de carga de 32 toneladas.

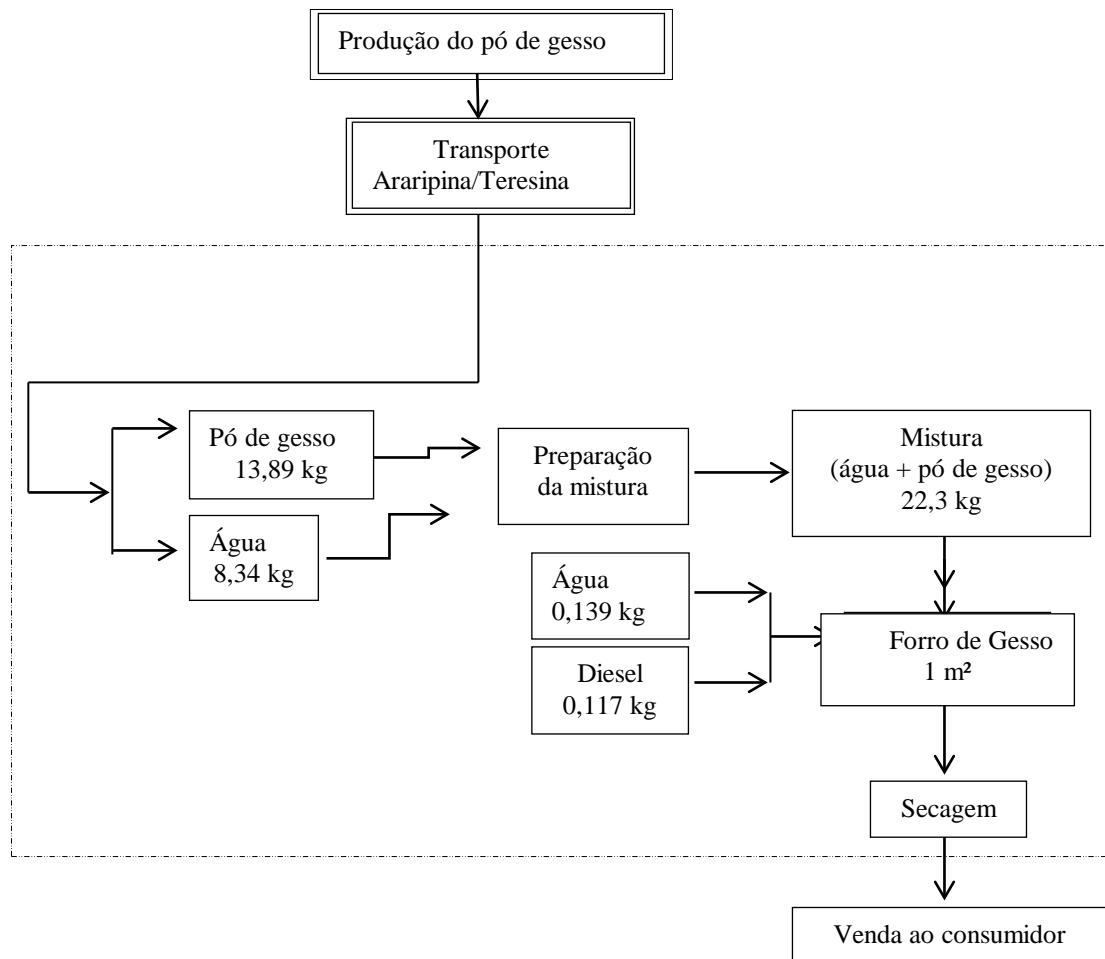
Em resumo o processo de produção das placas de gesso na empresa é composto pelas seguintes etapas: 1) obtenção do pó de gesso; 2) fundição; 3) preparação das formas; 4) enformagem; 5) secagem; e 6) desenformagem.

A etapa de fundição consiste na mistura do gesso em pó (5 kg/placa) com água (3 l/placa), e logo em seguida essa pasta é uniformizada manualmente. Na preparação das formas é feita uma mistura de diesel-água (100 ml/placa) que é distribuída nas formas com auxílio de um pincel. Em seguida, as formas recebem a mistura água-gesso dando início ao processo de secagem que dura, aproximadamente, 10 minutos.

Durante a realização da pesquisa, a empresa A declarou não possuir política de reciclagem ou reutilização dos resíduos sólidos gerados durante o processo. Ocasionalmente, parte deles são fornecidos a terceiros para a utilização como adubos, na construção de piscinas e tanques para piscicultura. O restante é retirado pelo tira-entulho. Mensalmente, a empresa produz cerca de 12 m³ de entulho em todas as suas atividades.

Na empresa A, são produzidas, diariamente, em média, 160 placas com 0,36 m² (60 x 60 cm), a partir de 800 kg de gesso em pó. A quantidade de pessoas envolvidas no processo varia conforme a demanda. Na figura 2 pode ser visualizado o fluxograma do processo de fabricação das placas de gesso na referida empresa.

Figura 2: Fluxograma da produção de placas de gesso numa indústria de Teresina-PI



EMPRESAS B E C (TRABALHAM COM PRODUTOS DE GESSO)

As empresas visitadas B e C trabalham com produtos derivados do gesso, entre os produtos comercializados estão os blocos para divisórias e forros.

Os produtos comercializados pelas empresas têm origem e fabricação em Araripina, no estado de Pernambuco, e chegam a Teresina pelo modal rodoviário (segundo o *Google Maps* a distância entre as cidades é de, aproximadamente, 445 km). Portanto, as empresas trabalham apenas com a revenda e instalação de produtos de gesso.

Na empresa B, as molduras e detalhes dos forros de gesso são fabricados no próprio estabelecimento devido à particularidade de cada projeto. De acordo com funcionários, a demanda por placas para forros na empresa B é de 700 placas/mês, já na empresa C é de, aproximadamente, 10000 placas/mês. Cada uma delas tem 0,36 m² (60x60 cm) e pesa em média 6 kg, enquanto os blocos pesam 15 kg.

Os resíduos gerados pela empresa B, ocasionalmente, são dispostos no aterro controlado da cidade, porém a maior parte é descartada de forma ilegal em terrenos dentro do município de Teresina. Em algumas situações, empresas de remoção de entulhos são contratadas, e quando se faz, são produzidos 4 m³ de entulho a cada 2 dias. Os recortes e sobras de materiais são reaproveitados para a realização de serviços de instalação posteriores. Na empresa C todos os resíduos são coletados por empresas especializadas na remoção de entulho.

DISCUSSÃO

As empresas visitadas trabalham com produtos derivados do gesso, como forros, rebocos e divisórias. Com as informações levantadas nas visitas foi possível identificar o ciclo do gesso na cidade de Teresina. Existem algumas minas de gipsita no estado (distam em média 474 km de Teresina), porém estão inativas. Assim, a principal fonte é o Polo do Araripe (principalmente, a cidade de Araripina), localizado em Pernambuco.

O transporte é feito na maioria das vezes pelas rodovias, mas as ferrovias podem baratear o custo do frete, principalmente, com o término das obras da ferrovia Transnordestina. Algumas empresas optam por receber os produtos fabricados, tornando-se uma revendedora e muitas vezes empreiteiros de produtos vindos do polo do Araripe, já outras recebem a matéria prima para transformar e comercializar.

O artigo 18 da PNRS trata da obrigatoriedade de elaboração dos Planos Municipais de Gestão Integrada de Resíduos (PMGIRS) para os municípios e para o distrito federal, sendo um requisito para o recebimento de recursos da união nas atividades, incentivos, empreendimentos e serviços relacionados ao manejo de resíduos sólidos, e de limpeza urbana. O PMGIRS deve conter o diagnóstico dos resíduos sólidos gerados no respectivo território, identificação de áreas ambientalmente adequadas para a disposição, regras para o transporte e outras etapas do gerenciamento dos resíduos.

O Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos da cidade de Teresina foi divulgado, em 27 de abril de 2018, no Diário Oficial do Município (DOM), após seis etapas de elaboração:

- Etapa 1: Elaboração do plano de trabalho e de mobilização social;
- Etapa 2: Elaboração do diagnóstico da situação local do gerenciamento de resíduos sólidos;
- Etapa 3: Elaboração do prognóstico e alternativas para a universalização dos serviços, condicionantes, diretrizes, objetivos e metas;
- Etapa 4: Concepção de programas, projetos e ações necessários para atingir os objetivos e metas para a universalização dos serviços e definição das ações para emergência e contingência;
- Etapa 5: Elaboração de mecanismos e procedimentos de controle social e dos instrumentos para monitoramento e avaliação sistemática de eficiência das ações programadas;
- Etapa 6: Considerações finais.

O IBGE estima que, no final de 2032, Teresina-PI terá, aproximadamente, 1.031.744 habitantes, e que serão gerados, aproximadamente, 650 toneladas de resíduos por dia. Em 2016, esse número foi de 550,34 toneladas por dia, aumento esperado de 99,66 toneladas de resíduos diariamente, devido principalmente ao aumento populacional, já que a população do município no ano de 2016 era de 873.552 habitantes. Diante disso, é necessário buscar a redução de impactos ambientais, relacionados à produção e descarte de resíduos e rejeitos, no município (PREFEITURA DE TERESINA, 2018).

Teresina-PI não possui legislação específica sobre gerenciamento de resíduos. Além do aterro municipal, o município conta com mais dois aterros, a Central de Tratamento de Resíduos (CTR) e o aterro do Grupo Solvi – Piauí Ambiental, ambos aterros privados. A CTR tem capacidade para tratar até 1200 t/dia, e atende os municípios de Teresina e Demerval Lobão, e está localizado na Fazenda Salobro, em uma área total de 100 ha, distante cerca de 25,6 km do centro de Teresina. O aterro do grupo Solvi tem uma área total de 126,58 ha, sendo 25 ha para disposição final, tem capacidade total de 6.600.000 t e está licenciado para receber resíduos da Classe II (resíduos domiciliares e comercial), e está localizado a 32 km de Teresina, no município de Altos (ALVES E SANTOS, 2019).

Os resíduos de gesso apresentam a possibilidade de reciclagem economicamente viável, sem perca das propriedades físicas do produto reciclado. Porém, as empresas visitadas não realizam o processo, seja dentro da empresa ou pós-consumo. A empresa C relatou tentativa de reciclagem, porém, segundo o seu representante os produtos obtidos não apresentaram boas propriedades físicas em relação aos não reciclados, possivelmente, houve alguma falha no processo, pois na literatura é possível encontrar trabalhos que avaliam a reciclagem do gesso como viável tecnicamente e economicamente, como o de Erbs et. al (2018) e o de Camarini et. al (2016) . Já a empresa B, realiza apenas a reutilização de algumas sobras do processo para a aplicação em obras posteriores. A empresa C, não realiza nenhum tipo de reciclagem ou reutilização.

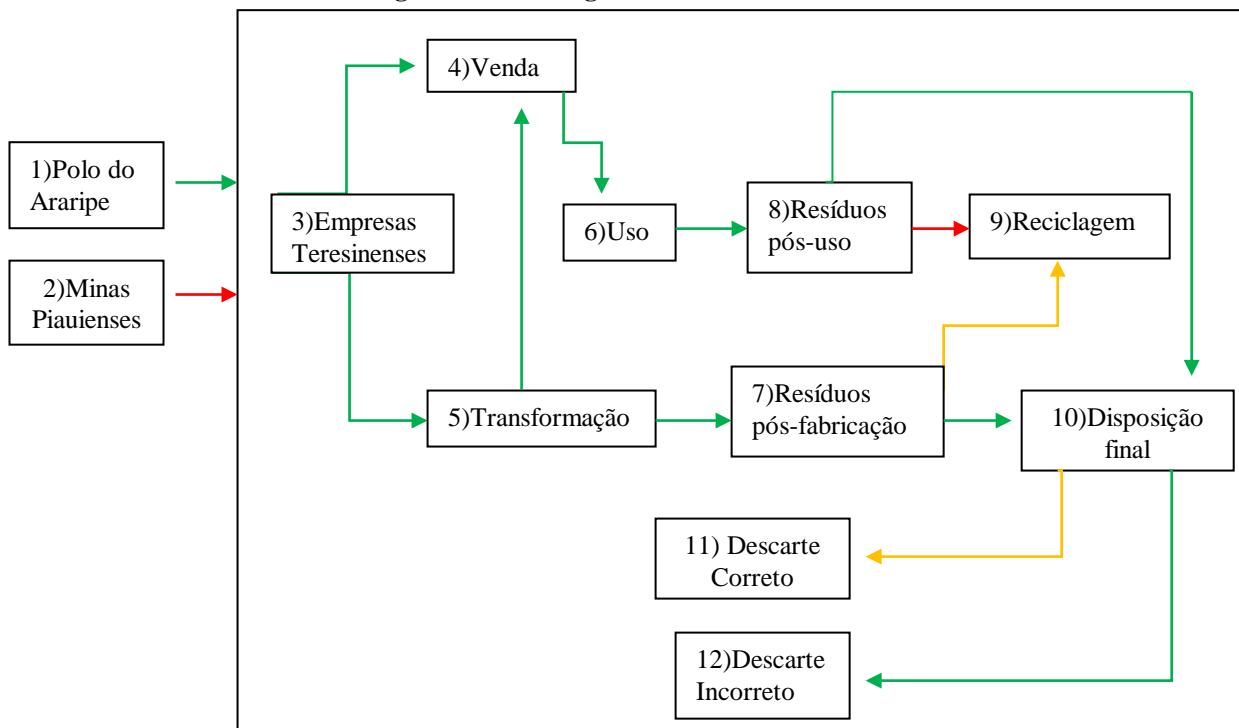
A Associação Brasileira de Drywall (2009) publicou uma cartilha com os procedimentos necessários para a reciclagem do gesso. A primeira etapa é a coleta. Os resíduos devem ser coletados e separados de outros materiais seja no canteiro de obras, ou dentro da própria fabricante. Na segunda fase, os materiais devem ser armazenados sem exposição à chuva e a umidade, em seguida devem ser transportados até as Áreas de Transbordo e Triagem. Após triá-los e homogeneizá-los, podem ser comercializados a setores que necessitam dos resíduos, como setor agrícola, cimenteiro e a indústria de transformação do gesso. A empresa C chega a fornecer os resíduos para piscicultura, porém isso não ocorre com tanta frequência, e não é feito qualquer tipo de triagem nos resíduos antes do fornecimento. As demais empresas entrevistadas não fornecem os resíduos para nenhum outro setor.

Os resíduos de gesso, na maioria das vezes, são coletados por empresas especializadas na coleta de entulho, com exceção da empresa B que declarou descarta-los em terrenos vazios ou outros lugares irregulares no município e, ocasionalmente, contrata empresa de coleta de entulho. O resíduo gerado na empresa é de, aproximadamente, 4 m³/dia, que além de ser tratado como rejeito, ainda é descartado de forma irregular, em desacordo ao estabelecido na Resolução nº 307/2002 do CONAMA, que proíbe a utilização de terrenos vazios para esse fim.

Quando empresas contratadas recolhem os resíduos, também existe grande possibilidade do descarte não acontecer como determina a legislação. Alves e Santos (2019) entrevistaram oito empresas da cidade de Teresina e constataram que, na maioria das vezes, o descarte é feito de forma irregular, em terrenos vazios, 50% das empresas entrevistadas afirmaram despejar o conteúdo das caçambas em terrenos baldios, alegando não haver local adequado, porém foi constatado que a menor distância entre os terrenos e o aterro controlado da cidade foi o principal fator de escolha, 37,7 % afirmaram levar os resíduos até ao aterro controlado da cidade, e utilizar terrenos vazios ocasionalmente, e cerca de 14,3% em outros locais não autorizados pela prefeitura.

Portanto, o ciclo do gesso na cidade de Teresina-PI pode ser descrito de acordo com a figura 3, onde a cor das setas indica a probabilidade do gesso seguir determinado caminho. Em verde: alta probabilidade. Em vermelho: baixa probabilidade; Em amarelo: média probabilidade.

Figura 3: Ciclo do gesso na cidade de Teresina-PI



CONCLUSÕES

O ciclo do gesso utilizado, na cidade de Teresina-PI, se inicia com a extração da gipsita no polo do Araripe, que transformada em gesso segue via modal rodoviário até a cidade, onde pode ou não passar por transformações antes de chegar ao consumidor final, quando é utilizado. Os resíduos pós-fabricação e os resíduos pós-uso não são reciclados. O processo de reciclagem poderia gerar emprego e baratear os custos na produção de novos produtos. Assim, o gesso é tratado como rejeito, quando deveria ser tratado como resíduo, além disso, é na maioria das vezes descartado de forma incorreta em locais não autorizadas pela prefeitura municipal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (422087/2018-1; 401320/2016-2) e à Fundação de Amparo à Pesquisa no Piauí – FAPEPI pelo financiamento de projetos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALVES, Tércia Emanuelle Ribeiro; SANTOS, Maria do Socorro Ferreira dos. A GESTÃO DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL EM TERESINA – PIAUÍ. Revista Eletrônica de Engenharia Civil , 2019. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/download/50156/pdf/>. Acesso em: 31 mar. 2019.
2. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. População Mundial. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/populacao-mundial/>. Acesso em: 31 mar. 2019.
3. CONTARINI, A., MEIJER, A. LCA comparison of roofing materials for flat roofs. Smart and Sustainable Built Environment, v. 4, n. 1, p. 97-109, 2015.
4. DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. SIGMINE. 2019. Disponível em: <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>. Acesso em: 31 mar. 2019.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. Resíduos de gesso na construção civil – coleta, armazenagem e reciclagem. Disponível em: <http://www.sinduscondf.org.br/portal/arquivos/ResiduosdeGessonaConstrucaoCivil.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2019.
6. Brasil. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução CONAMA Nº 307/2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.
7. QUINTANA, A; ALBA, J; DEL REY, R; GUILLÉN-GUILLAMON, I. Comparative Life Cycle Assessment of gypsum plasterboard and a new kind of bio-based epoxy composite containing different natural fibers. Journal of Cleaner Production. Volume 185. Mar. de 2018. Pag. 408-420
8. BARBOSA, A. A.; FERRAZ, A. V.; SANTOS, G. A. Caracterização química, mecânica e morfológica do gesso obtido do polo do Araripe. Cerâmica, São Paulo, v. 60, n. 356, p. 501-508, Dec. 2014.
9. CAMARINI, Gladis; PINTO, Maria Clara Cavalini; MOURA, Aline Goulart de; MANZO, Natalia Reggiani. Effect of citric acid on properties of recycled gypsum plaster to building components. Construction and Building Materials. 15 out. 2016. Pag. 383-390
10. MME - Ministério de Minas e Energia. www.mme.gov.br – PLANO DUODECENAL (2010 – 2030) DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL – RELATÓRIO TÉCNICO 34 -PERFIL DA GIPSITA. Acesso em 18/03/2019.
11. ERBS, Alexandre; NAGALLI, André; CARVALHO, Karina Querne de; MYMRIN, Vsévolod; PASSING, Fernando Herbs; MAZER, Wellington. Properties of recycled gypsum from gypsum plasterboards and commercial gypsum throughout recycling cycles. Journal of Cleaner Production. 10 de maio de 2018. Vol 183. Pag. 1314-1322
12. RIVERO, A. J.; SATHRE, R.; NAVARRO, J. G. Life cycle energy and material flow implications of gypsum plasterboard recycling in the European Union, Resources. Conservation and Recycling. Volume 108. 2016. P. 171-181
13. GOEDKOOP, M., HEIJUNGS, R., HUIJBREGTS, M., DE SCHRYVER, A., STRUIJS, J., & ZELM, R. V. (2013). ReCiPe 2008: a life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. Disponível em: http://www.lcia-recipe.net/file-cabinet/ReCiPe_main_report_MAY_2013.pdf?attredirects=0 Acesso em: 18 mar. 2019.

14. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE FABRICANTES DE CHAPAS PARA DRYWALL. Resíduos de gesso na construção civil: coleta, armazenagem e destinação para .2009. Disponível em: www.sinduscondf.org.br/portal/arquivos/ResiduosdeGessonaConstrucaoCivil.pdf. Acesso em: 31 mar. 2019.
15. BALTAR, Leila Magalhães; BALTAR, Carlos Adolpho Magalhães; BENACHOUR, Mohand. Effect of carboxymethylcellulose on gypsum re-hydration process. International Journal of Mineral Processing. 10 Dez. 2013. Pag. 5-9.
16. MEDEIROS, Marcilio Sandro de; HURTADO-GUERRERO, José Camilo; SILVA, Lia Giraldo Augusto. A saúde no contexto do polo gesseiro de Araripina-Pernambuco, Brasil. Saude soc., São Paulo , v. 19, n. 2, p. 358-370, June 2010 .
17. MEDEIROS, Marcilio Sandro de; HURTADO-GUERRERO, José Camilo; SILVA, Lia Giraldo Augusto. A saúde no contexto do polo gesseiro de Araripina-Pernambuco, Brasil. Saude soc., São Paulo , v. 19, n. 2, p. 358-370, Jun 2010 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-12902010000200012&lng=en&nrm=iso>. access on 18 mar. 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-12902010000200012>.
18. GtoG project LIFE11 ENV/BE/001039, 2015. DC1. Report on best practice indicators for deconstruction, recycling and reincorporation. Disponível em: http://ec.europa.eu/environment/life/news/newsarchive2015/documents/20150715_gtog.pdf. Acesso em: 18/03/2019.
19. BRASIL. Lei n. 12.305, de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 18 mar. 2019.
20. SÁ, I. B.; SÁ, I. I. S.; SILVA, D. F. Geotecnologias conciliando preservação ambiental e fortalecimento das atividades produtivas na região do Araripe- PE. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais... Florianópolis: INPE, 2007, p.1875-1882.
21. FARIA, Christiano Alves; ZALESKI NETO, João; ZULLIETI, Luis Fernando; . No limiar da quarta revolução industrial: iniciativas para a sustentabilidade por empresas líderes do setor automotivo rumo à nova economia. Revista de Administração FACES , Belo Horizonte, v. 12, p. 82-95, 2013.
22. SUGDEN, David ; WEBB, Janette; KERR, Andrew Kerr. Climate change, sustainability and the need for a new industrial revolution in Scotland. Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh, Edinburgh, 2012.
23. DRZ GEOTECNOLOGIA E CONSULTORIA S/S LTDA. 2018. Plano municipal integrado de resíduos sólidos de Teresina
24. INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. Informações e Análises da Economia Mineral Brasileira. 2011. Disponível em: <http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00001669.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2019.