

Mapeamento de Processos da Cadeia Produtiva do Alumínio no Estado do Pará

Kamila Costa Ribeiro (Universidade do Estado do Pará - UEPA) kamila.ribeiro0317@gmail.com
Thaymara Amintas Barbosa (Universidade do Estado do Pará - UEPA) barbosathaymara@gmail.com
Davi Paiva Ferraz (Universidade do Estado do Pará - UEPA) davipaivaferraz@gmail.com
André Cristiano Silva Melo (Universidade do Estado do Pará - UEPA) acsmelo@uepa.br

Resumo:

A mineração é uma das mais importantes cadeias produtivas no mundo, na qual é responsável por oferecer *commodities* que moldam os mais diversos produtos finais em diferentes setores de fabricação. No Estado do Pará, o alumínio destaca-se entre as principais cadeias produtivas minerais: em 2017 foram exportados cerca de US\$ 1 bilhão de alumínio e alumina produzidos no estado. Com isso, este artigo teve como objetivo principal identificar as etapas que compõem a cadeia de produção do alumínio, tanto na literatura quanto nas empresas atuantes no estado do Pará. Para isso, realizou-se uma pesquisa bibliográfica e em sites dessas empresas. Os resultados indicaram que existem três macroprocessos na produção de alumínio: extração (mineração), refino e, por último, redução ao alumínio. No Pará, esses processos são realizados por seis grandes empresas. As empresas A, B e C atuam no processo de extração (mineração), a empresa D opera no processo de refino, a E no processo de redução, fundição e lingotamento, e por último, a empresa F transforma o alumínio no produto final.

Palavras-chave: Mapeamento de Processos, Cadeia Produtiva, Alumínio.

Mapping Processes of the Aluminum Production Chain in the State of Pará

Abstract:

Mining is one of the main production chains in the world, which is responsible for offering commodities that shape the most diverse final products in different manufacturing sectors. In the State of Pará, aluminum stands out among the main mining chain: in 2017 were exported about US\$ 1 billion aluminum and alumina produced in the current State. The purpose of this paper was identify the stages and processes that make up the aluminum production chain, both in the literature and in the companies operating in the State of Pará. To reach the presented objective, bibliographic research and research in sites of these companies were carried out, which characterizes this study as a document search. The results indicate there're three macroprocesses for the aluminum production: extraction (mining), refining process and then, reduced into primary aluminum. In Pará, these processes are performed by six companies. Companies A, B and C acts in the macroprocess of extraction (mining), company D operates in the refining process, company E developed the process of reduction, melting and casting, and finally, company F trades aluminum's ingot in a final product.

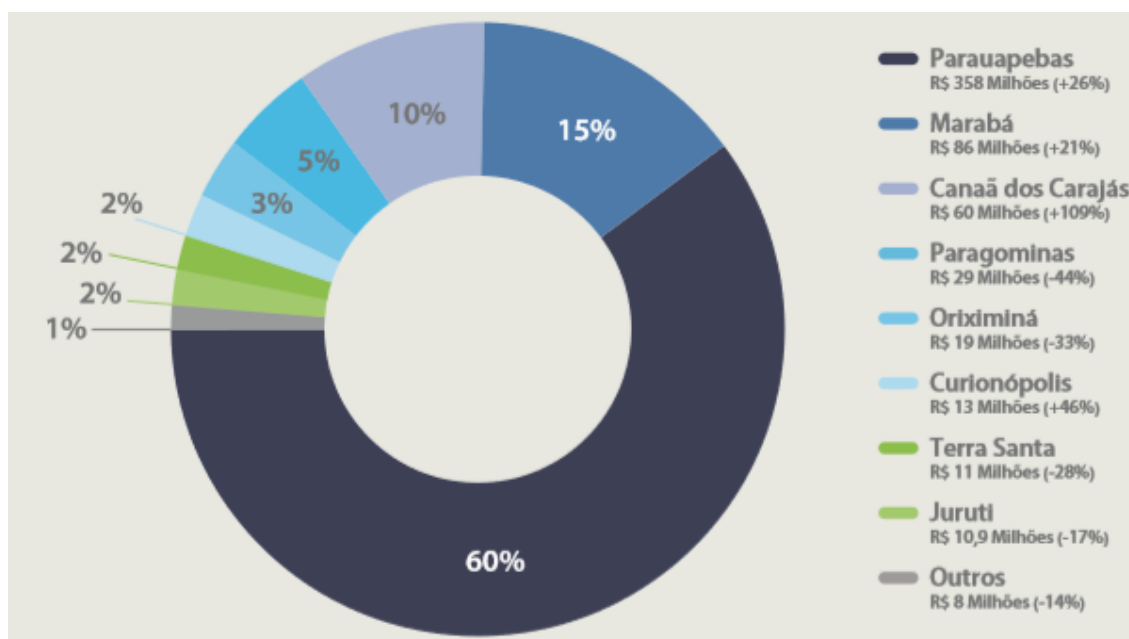
Key-words: Process Mapping, Production Chain, Aluminium

1. Introdução

A mineração é uma das alavancas para o desenvolvimento do Estado do Pará, por ser um dos setores estratégicos que aquecem a economia, beneficiando as cidades produtoras, além de atuar, também promovendo a qualidade de vida para a sociedade (SIMINERAL, 2018). De acordo ainda com este autor, a cadeia produtiva mineral respondeu por 280 mil empregos diretos e indiretos no Pará em 2017, sendo que para cada emprego direto criado na Indústria de Mineração, outros 13 postos de trabalho são criados ao longo da cadeia produtiva.

Em 2017 as Indústrias de Mineração e Transformação Mineral responderam por 87,5% do valor de US\$ 14,484 bilhões em exportações totais do Estado do Pará. Tal montante torna o setor mineral o grande vetor de crescimento do comércio exterior paraense (MDIC/SECEX, 2018). Ainda segundo o MDIC/SECEX (2018), China Japão e Malásia foram os três principais compradores de bens minerais produzidos no Pará. Entre os principais produtos exportados pela indústria de transformação mineral do Pará, estão a alumina calcinada e o alumínio sendo US\$ 1,361 bilhão de alumina calcinada e US\$ 387 milhões de alumínio.

Na Figura 1 demonstra-se a arrecadação da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM) por municípios paraenses mineradores em 2017. A CFEM é o pagamento de caráter indenizatório para os entes federados, incluindo o Distrito Federal, os estados e os municípios onde haja exploração mineral e deve ser realizado por meio de contribuição específica para esse fim (SILVA; ROSA, 2018).



Fonte: DNPM; CFEM (2018)

Figura 1 - Arrecadação CFEM por municípios paraenses mineradores em 2017

Parauapebas, Marabá e Canaã dos Carajás foram os municípios que mais receberam *royalties* advindos da indústria de mineração em 2017 (SIMINERAL, 2018). Parauapebas é exemplo do processo concentrador de riqueza, pois essa classificação em relação a CFEM têm significância no sentido de qualidade de vida das populações (PALHETA; NETO, 2018).

Nas últimas décadas, os contextos considerados com potencial para aplicação do alumínio na

produção de bens vêm aumentando consideravelmente, graças às propriedades do metal, que beneficiam a sociedade de muitas formas (HYDRO, 2018).

Na natureza, dentre os metais, o alumínio é o mais abundante, pois ele constitui cerca de 8% de toda a crosta terrestre, sendo encontrado principalmente sob a forma de bauxita, a qual deve apresentar no mínimo 30% de óxido de alumínio (Al_2O_3) aproveitável para que a produção de alumínio seja economicamente viável (ABAL 2018,). A bauxita é a terceira substância que mais gerou *royalties* em 2017, com aproximadamente R\$ 60 milhões (DNPM; CFEM, 2018).

De acordo com a ABAL (2018), o uso crescente de produtos de alumínio – prova de sua importância para a vida moderna – está relacionado às suas características, que permitem que ele tenha uma diversa gama de aplicações, por isso é um dos mais utilizados no mundo todo.

A ABAL (2018) ressalta ainda que o alumínio mostra uma excelente performance e propriedades superiores na maioria das aplicações, além disso, bens produzidos a base de alumínio ganham também competitividade, em função dos inúmeros atributos que este metal incorpora, como: leveza; elevada condução de energia; impermeabilidade e opacidade; alta relação resistência/peso; beleza; durabilidade; maleabilidade e soldabilidade; resistência à corrosão; resistência e dureza; possibilidade de muitos acabamentos e infinitamente reciclável.

Este estudo buscou identificar os processos que compõem a cadeia produtiva do alumínio desenvolvido pelas principais empresas de mineração atuantes no Estado do Pará. O princípio aqui considerado é que a melhor compreensão sobre os processos envolvidos, possibilitará uma análise mais profunda sobre a atual cadeia produtiva existente e, por fim, a proposição de novas alternativas voltadas à melhoria e aumento de eficiência dos processos dentro dessa importante cadeia produtiva, para o Pará e para o Brasil.

2. Tópicos de Pesquisa

2.1. Cadeia Produtiva do Alumínio

Para Ballou (2006), uma cadeia produtiva pode ser definida como processos funcionais repetitivos ao longo de um canal no qual matérias-primas são convertidas em produtos finais com maior nível de agregação de valor para o cliente ou consumidor. No Brasil, uma grande cadeia produtiva é a do ramo da mineração, com produção em 2017 de US\$ 32 bilhões e uma geração de cerca de 180 mil postos de trabalho diretamente, aparecendo como uma das principais atividades econômicas do país (IBRAM, 2018).

O alumínio surge dentro desta cadeia de valor como o quarto mineral metálico com maior participação dentro do valor da produção mineral comercializada em 2016, com cerca de 5% de margem e um total produzido de aproximadamente 50 milhões de toneladas comercializadas (DNPM, 2017). Para a análise da cadeia produtiva do alumínio se tornar completa, considerando o alumínio como produto final que apresenta o maior valor agregado ao consumidor, é necessário o conhecimento a cerca dos processos funcionais e do canal no qual a matéria-prima, neste caso a bauxita, se transforma.

Tradicionalmente, as etapas de uma cadeia produtiva mineral envolvem: extração, transporte, processamento de minérios, transformação mineral e comercialização dos produtos transformados. Na cadeia produtiva do alumínio a maior diferença está no processo do beneficiamento, que resulta na alumina antes da obtenção o alumínio, para ABAL (2018), a cadeia primária do alumínio envolve os seguintes processos:

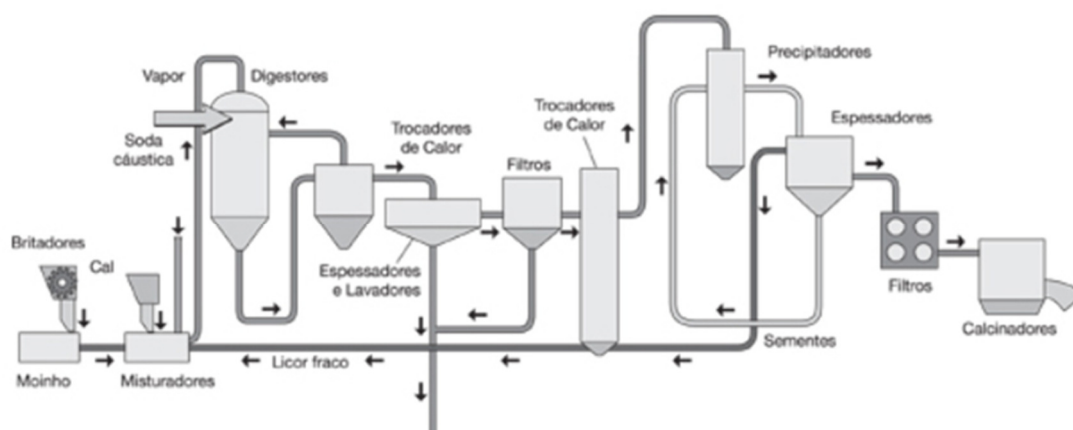
– Mineração

O minério do alumínio, a bauxita, pode ser encontrado em três principais grupos climáticos: o Mediterrâneo, o Tropical e o Subtropical. Para que a produção do alumínio seja economicamente viável o minério da bauxita deve apresentar pelo menos 30% de óxido de alumínio (Al_2O_3) aproveitável. Dentro do processo de mineração, que nada mais é do que a extração da bauxita do solo, os seguintes subprocessos têm de ser realizados:

- Remoção planejada da vegetação e do solo orgânico;
- Retirada das camadas superficiais do solo (argilas e lateritas);
- Britagem primária para redução do tamanho do minério;
- Lavagem com água para a redução do teor de sílica contida na parcela mais fina;
- Secagem.

– Refino

Nesta parte do processo o objetivo é a obtenção da Alumina, que serve não só para a produção do alumínio primário, como para a fabricação de materiais refratários, tratamento de água, uso em produtos abrasivos e para polimento, por exemplo. O processo mais usado para a obtenção da Alumina é o Bayer, ilustrado na Figura 2.



Fonte: ABAL (2018)

Figura 2: Processo Bayer

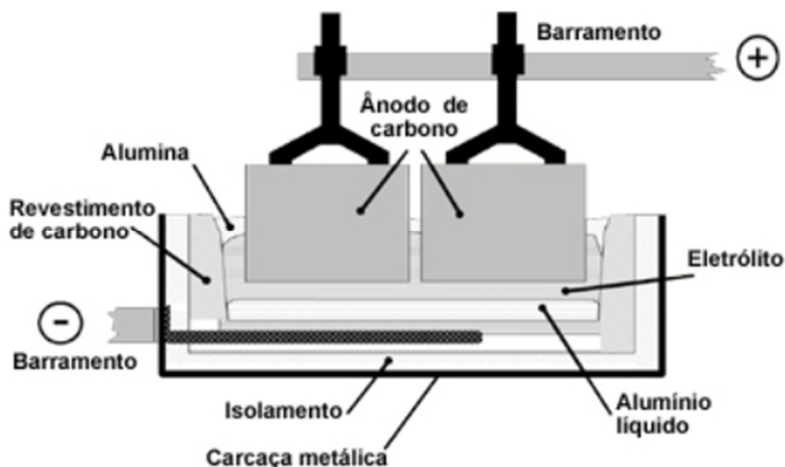
Ainda no processo de refino acontecem os seguintes subprocessos:

- Moagem e dissolução da bauxita em soda cáustica;
- Filtração da bauxita para separar o material sólido;
- O filtrado é concentrado para a cristalização da alumina;
- Os cristais são secados, precipitados e calcinados para eliminar água;
- A alumina pura é enviada à redução onde ocorre o processo de redução eletrolítica.

– Redução do alumínio

A obtenção do alumínio ocorre pela redução da alumina calcinada em cubas eletrolíticas, a altas temperaturas, no processo conhecido como Hall-Hérault (Figura 3). Neste processo, para a

produção de uma tonelada de metal primário são necessárias duas toneladas de alumina.



Fonte: ABAL (2018)

Figura 3: Processo de redução eletrolítica

O processo que ocorre internamente na cuba eletrolítica pode ser descrito em 4 etapas: Etapa 1, a alumina é dissolvida em um banho de criolita fundida e fluoreto de alumínio em baixa tensão, decompondo-se em oxigênio. Etapa 2, o oxigênio se combina com o ânodo de carbono, desprendendo-se na forma de dióxido de carbono, e em alumínio líquido que se precipita no fundo da cuba eletrolítica. Na Etapa 3, o metal líquido é transferido para a refusão através de cadinhos. E finalmente na Etapa 4 serão produzidos os lingotes, placas e tarugos de alumínio para a comercialização (ABAL, 2018).

Diversos autores convergem sobre as etapas apresentadas da cadeia do alumínio (BUFFINGTON (2012), SILVA FILHO, ALVES e DA MOTTA (2007), FERRETTI *et al.* (2007)), de forma que a cadeia principal se mantém com os macroprocessos sendo de Extração, Refino e Redução para alumina.

2.2. Melhoria de processos de negócio – BPI

O BPI, Melhoria de Processos de Negócios, segundo Andrade (2017), consiste na mudança incremental para assegurar a continuidade dos processos com pequenas correções que se fizerem necessárias. O BPI define-se como uma sistemática desenvolvida para auxiliar as organizações a otimizar seus processos de forma a alcançar resultados mais eficientes. Sua aplicação pode resultar em reduções de até 90% de custos, 3 ciclos de tempo de processos, e aprimorando a qualidade em 60% (SUBPLAN, 2018). Para o autor H. James, o *Business Process Improvement* é classificado nas seguintes fases (MARTINS, 2012):

- Fase 1. Organizar para melhoria - Nesta fase, objetivo é assegurar o sucesso criando liderança, compreensão e compromisso, definindo as atividades em: estabelecer o EIT – *Executive Improvement Team*; Designar um líder do processo BPI; Formar executivos, desenvolver um modelo de melhoria; Comunicar objetivos de longo prazo a todos os colaboradores; Rever as estratégias de negócio e os requisitos dos clientes; Selecionar os

processos críticos; Designar para cada processo um “owner”; e Selecionar membros para os PTI – *Process Improvement Team*.

– Fase 2. Compreender o processo;

O objetivo aqui consiste em compreender todas as dimensões do processo de negócio atual. Assim, as suas atividades são classificadas em: definir a missão e o âmbito do processo (1); definir as fronteiras do processo (2); formar os membros do PTI (3); desenvolver uma visão do processo (4); definir medidas e expectativas para o processo dos pontos de vista do cliente e do negócio (5); fazer um diagrama do processo (6); recolher dados sobre os custos, tempos e valor acrescentado (7); percorrer o processo (8); resolver as diferenças entre o que se viu e o que se propunha (9); atualizar documentos do processo (10).

– Fase 3. Racionalizar o processo;

Como objetivo, deve-se melhorar a eficácia, a eficiência e adaptabilidade do processo de negócio. As atividades podem ser classificadas em: formar nas ferramentas de melhoria; identificar oportunidade de melhoria (erro e correções; qualidade pobre, atrasos, custos altos e tempos longos de atualização); eliminar burocracia; eliminar atividades que não acrescentam valor; simplificar o processo; reduzir os tempos de processamento; reduzir os erros do processos; melhorar os equipamentos; normalizar; automatizar; documentar o processo, selecionar os colaboradores; treinar os colaboradores.

– Fase 4. Medir e controlar o processo;

Objetiva implementar um sistema de controle do processo que garanta melhorias do processo. Suas atividades são: desenvolver medidas e metas para o processo; estabelecer um sistema de *feedback*; auditar o processo periodicamente; estabelecer um sistema de detecção de custos de má qualidade.

– Fase 5. Melhoria contínua.

Tem como objetivo implementar a melhoria contínua dos processos, podendo ser definido em: qualificar processo; fazer revisões periódicas à qualificação do processo; definir e eliminar problemas do processo; avaliar os impactos no cliente e no negócio das mudanças no processo; fazer estudos de *benchmarking* para o processo; desenvolver formação avançada.

2.3. Mapeamento de processos de negócio - BPM

Com o melhoramento da percepção de valor do cliente sobre os produtos ou serviços desenvolvidos pelas organizações, é que começa a surgir a ideia de se ter uma gestão cada vez melhor sobre os processos produtivos principais do negócio, visando a máxima eficiência destes processos que fazem a organização operar. A partir desse contexto, surge a ideia do mapeamento de processos de negócio ou *Business Process Mapping* – BPM (LIMA, 2017).

Rando e Ferrão (p.153, 2018), conceituam o Mapeamento de processos de negócio como:

O Mapeamento de Processos de Negócio, em inglês “Business Process Management” (BPM) vai além da gestão organizacional funcional ou departamental e da gestão estratégica, justamente por promover o alinhamento dos processos às estratégias da organização e ao cumprimento dos seus objetivos. Diante da crise econômica atual e das transformações digitais vigentes, as iniciativas de BPM vão progressivamente ganhando adeptos no setor privado, entretanto, são incipientes no setor público brasileiro.

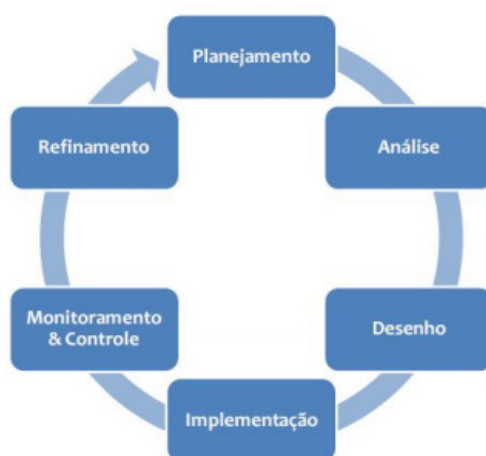
O BPM vem surgindo cada vez mais como protagonista na vertente de modernização da gestão nas organizações. Sua presença em estudos acadêmicos é notória diante dos benefícios

alcançados pela sua utilização. O BPM tem sido disseminado no sentido de compreender todos os processos de trabalho, estruturar atividades e melhorar o desempenho organizacional através da orientação por processos (SEVERO, 2017).

A migração do modelo de gestão tradicional ao modelo de gestão de processos de negócios resulta em melhorias no desempenho do processo, além disso, promove um aumento na complexidade do gerenciamento. Dessa forma, é necessário superar restrições ou barreiras para atingir o sucesso da implementação do novo modelo de gestão (DAMIAN, 2015).

De acordo com Baldam et al. (2010), BPM é uma metodologia que objetiva apresentar um melhor domínio corporativo por meio de suas ferramentas. Desenvolve uma abordagem criada, a partir da visão por processos, de análise e melhoria contínua dos processos de uma organização utilizando técnicas, estratégias e ferramentas para auxílio ao planejamento, implantação, coordenação e avaliação.

Segundo o guia CBOK (2013), o BPM inclui um conjunto de atividades integradas e etapas bem definidas que envolvem o comprometimento contínuo da organização. Na Figura 4 é ilustrado o ciclo de vida do BPM.



Fonte: BPM CBOK (2013, p. 52)

Figura 4 – Ciclo de vida BPM

Na Figura 4, cada atividade tem por finalidade assegurar que os processos de negócios estejam alinhados estrategicamente e mantendo o foco no cliente (CBOK, 2013).

3. Procedimentos Metodológicos

Para alcance do objetivo deste artigo, realizou-se primeiramente uma revisão bibliográfica e documental, que consistiu em uma abordagem crítica do conhecimento científico existente, e que foi relevante para definição do objeto de estudo do trabalho aqui desenvolvido (MARTINS; MELLO; TURRIONI, 2014). Além disso, Rowley e Slack (2004) afirmam que a fundamentação teórica tem o papel de identificar e organizar os estudos já existentes, objetivando alcançar o Estado da arte de um campo de conhecimento a partir do que já foi publicado, norteando o rumo do trabalho em relação ao problema de pesquisa.

Após a leitura e análise dos documentos e sites considerados relevantes, a cadeia produtiva do alumínio desenvolvida no Pará foi estruturada de acordo com os processos desenvolvidos nas empresas A, B, C, D e E, as mais representativas em volume de minérios movimentados. Os

processos mapeados e analisados contemplaram desde a extração, atividade de responsabilidade das empresas A, B e C, passando pelo beneficiamento e chegando até os produtos finais produzidos, etapas conduzidas pelas empresas D e E.

De posse de todas as informações foram montadas sequencias operacionais de cada empresa estudada, de forma a apresentar o detalhamento de cada etapa, respectivamente da extração, beneficiamento e redução ao alumínio.

4. Resultados e Discussões

No Estado do Pará, a cadeia produtiva do alumínio, apresenta-se de forma completa. As etapas de produção podem ser caracterizadas desde a lavra da bauxita, refino do alumínio, obtenção do alumínio primário, até produção de produtos finais, tais como cabos e vergalhões de alumínio (SEDEME, 2016). De acordo com a Sedeme (2016), no Pará são desenvolvidos três grandes projetos de extração da bauxita:

- a) Empresa A, localizada no município de Oriximiná, oeste do Pará;
- b) Empresa B, localizada também no oeste paraense, na cidade de Juruti e;
- c) Empresa C, localizada no nordeste do estado, na cidade de Paragominas.

Em sequência, no município de Barcarena, duas empresas D e E, caracterizam-se, respectivamente, pela transformação de bauxita em alumina e de alumina em alumínio primário, respectivamente. Como produto final, a empresa F completa a cadeia produtiva desenvolvida no estado, com a produção de fios e cabos condutores elétricos de alumínio. Neste artigo, contudo, são classificados em macroprocessos e processos as etapas da cadeia produtiva desenvolvidas pelas empresas C, D, E, conforme detalhado a seguir.

4.1. Sequência operacional da empresa C

Os processos que compõem o macroprocesso de Extração, segundo a Hydro (2018), são a seguir apresentados em detalhes.

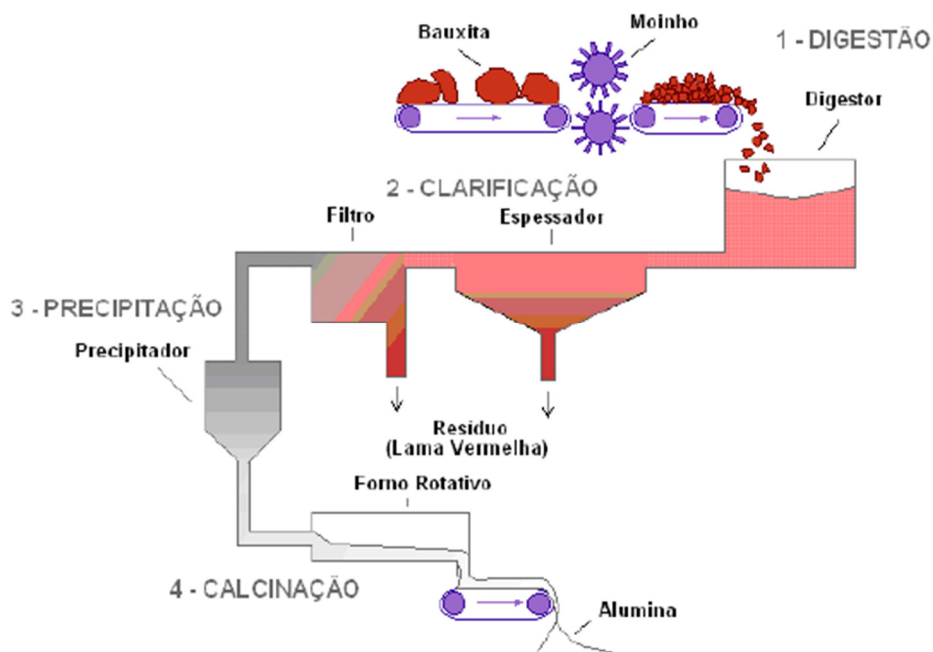
Processo de Lavra: a bauxita, antes da sua extração, em seu estado natural, encontra-se coberta por camadas de vários metros de rochas e argila, que precisam ser removidas para que a extração seja executada. Assim, na lavra é realizado um inventário da vegetação nativa para posterior remoção tanto da vegetação quanto da camada argilosa, em média de 14,5 metros. Após a remoção, o minério tem uma espessura de 0,5 a 2,5 metros, e segue em transporte até a usina, onde ocorre o subprocesso de britagem. O método de lavra consiste na lavra e tiras (*strip minig*), para isto, utiliza-se de tratores de esteira, escavadeiras hidráulicas e caminhões fora de estrada para remoção do estéril, além de equipamentos auxiliares para manter o sistema de drenagem, acessos e desenvolvimento da mina (BRUM, 2011).

Processo de Britagem: dentro da usina ocorrem os processos de beneficiamentos da bauxita, onde os blocos de minério são reduzidos em britadores, ficando depois em estocagem temporária de forma homogeneizada. Em sequência, a bauxita reduzida passa pela etapa de moagem SAG (*semi-autogenous grinding*), sendo peneirada e classificada em tamanhos, visando a obtenção da especificação granulométrica ideal, o que facilita o transporte por minerodutos. Conforme descrito por Moura et al. (2008, pag. 13), a classificação da bauxita é separada em duas frações: o *underflow*, que contém maior proporção das partículas mais grosseiras, e o *overflow*, onde se concentram as partículas de menores dimensões. Desta forma, é realizado o bombeamento da bauxita, já em condições ideais para o transporte via mineroduto até a instalação da empresa D, onde esse minério será transformado em alumina calcinada.

Os procedimentos realizados na fase de extração da bauxita fornecem cerca de 70% do material extraído, pois nem tudo que foi lavrado é minério. Além disso, a bauxita transportada percorre aproximadamente 244 km passando por 7 municípios paraense, dentre os quais: Paragominas, Ipixuna do Pará, Acará do Pará, Moju, Tomé-Açu, Abaetetuba e Barcarena.

4.2. Sequência operacional da empresa D

De acordo com Hydro (2016), ao chegar na empresa D, na cidade de Barcarena, a bauxita é recebida na Estação de Desaguamento de Bauxita (EDB) e refinada, transformando-se em alumina. Assim, antes de entrar no processo para o refino da bauxita, a polpa segue para fase de desaguamento, onde a água presente na poupa é retirada. Para obtenção da alumina, a partir da bauxita, o processo usado é o Bayer (ABAL, 2017), ilustrado na Figura 5, cujas fases são detalhadas a seguir.



Fonte: Silva Filho, Alves e Da Motta (2007)

Figura 5 – Etapas do processo Bayer

- Digestão: nesta fase, a extração contida na bauxita é removida pela reação com soda cáustica em vasos de pressão com temperatura de 145 graus Célsius e pressão de 4,5kg/cm²;
- Clarificação: a alumina dissolvida em soda cáustica, chamada de licor rico, é separa em lama vermelha, resíduo gerado no processo;
- Precipitação: nessa etapa o licor é cristalizado formando o hidróxido de alumínio, também conhecido como hidrato de alumina. A ilumina, já cristalizada, segue para fase de calcinação e o licor residual contendo NaOH e alguma alumina passa pela recirculação à etapa de digestão (Hind et al., 1999; IOM3, 2005);
- Calcinação: é a etapa final do processo, em que o hidrato passa por fornos do tipo leito fluidizado, onde, em temperaturas médias de 1000 graus Célsius, a água presente é evaporada formando-se então a alumina calcinada, que é distribuída para empresa E por

caminhões e para os demais clientes por navios.

4.3. Sequência operacional empresa E

A próxima etapa é executada na fábrica de alumínio, onde a alumina refinada é transformada em alumínio. Nessa fase, após a obtenção da alumina, a mesma passa por um processo de redução eletrolítica, que requer uma grande quantidade de energia elétrica, para que enfim o alumínio primário seja obtido (SEDEME, 2016). São necessárias três matérias-primas para se produzir alumínio: óxido de alumínio, eletricidade e carbono (Hydro, 2016) e as fases que compõem o processo são apresentadas em mais detalhes a seguir.

- a) Redução: nesta etapa, o processo ocorre em cubas eletrolíticas, que contêm alumina dissolvida em banho composto de criolita e sais fundidos de fluoreto. O início do processo acontece quando a alumina é colocada em banho quente, que possibilita a passagem de corrente elétrica que provoca a liquefação da alumina. Este processo é denominado de redução eletrolítica, conforme citado anteriormente, ocorre em cubas eletrolíticas que apresentam um polo positivo e outro negativo, denominados respectivamente, cátodo e ânodo, e são revestidas de carbono, onde atingem uma temperatura média de 960° (INSTITUTO OBESERVATÓRIO SOCIAL, 2008). A alumina dissolvida nessas condições, ocorre em baixa tensão, decompondo-se em oxigênio, onde o oxigênio se combina com ânodo de carbono, desprendendo-se na forma de dióxido de carbono, e em alumínio líquido, que se precipita no fundo na cuba eletrolítica (ABAL, 2018).;
- b) Fundição: o alumínio líquido é colocado em fornos de espera de 50 t, onde acontece a homogeneização, etapa que também ocorre a análise da pureza.
- c) Lingotamento: atestada a qualidade, o alumínio segue até as lingoteiras, onde acontece a modelagem dos lingotes que pesam 22,5 kg.

5. Conclusões

Neste trabalho foi possível ratificar a crescente importância da atividade de mineração ao Estado do Pará, economicamente e socialmente, principalmente devido às grandes quantidades de exportações, que tornam o setor um importante vetor de crescimento do comércio exterior paraense (SIMINERAL, 2018). Produtos derivados de alumínio têm apresentado uso crescente, por sua diversidade de aplicação, devido a inúmeros atributos que este metal possui, adquirindo competitividade (ABAL, 2018).

Considerando-se o atual contexto de crescimento de produção e consumo em níveis mundiais de produtos derivados do alumínio e, conseqüentemente, de alumínio primários, o presente trabalho caracterizou a cadeia produtiva do alumínio desenvolvida no Estado do Pará, estruturando-a de acordo com os processos desenvolvidos nas empresas A, B, C, D e E, elos participantes dessa cadeia de suprimentos no estado. Os processos mapeados e analisados consideraram desde a extração, processo sob responsabilidade das empresas A, B e C, passando pelo beneficiamento (alumina calcinada), chegando até os produtos finais produzidos (alumínio primário), etapas, respectivamente, desempenhadas pelas empresas D e E.

Foram classificados em macroprocessos e processos referentes às etapas da cadeia produtiva das empresas A, B, C, D, E. Neste sentido, foi possível montar sequências operacionais de cada empresa estudada, detalhando as etapas, de extração, beneficiamento e redução do alumínio.

A partir da identificação e mapeamento dos processos, foi possível confirmar que nas empresas A, B e C que atuam no macroprocesso de Extração, ocorrem os processos de Lavra e Britagem; na empresa D, a partir do processo Bayer, ocorre o macroprocesso de Beneficiamento,

composto pelos processos de Digestão, Decantação, Precipitação e Calcinação, e na empresa E, são desenvolvidos os processos de Redução, Fundição e Lingotamento.

A análise da cadeia de suprimento do alumínio no Estado do Pará, considerando o estudo realizado, permitiu identificar lacunas de conhecimento que, por sua vez, viabilizaram a proposição de oportunidades para o desenvolvimento de novas pesquisas. Portanto, o artigo proporcionou resultados satisfatórios capazes de subsidiar pesquisas referentes a: (1) Identificação dos recursos e componentes logísticos utilizados para suportar cada processo componente da cadeia produtiva do alumínio das principais empresas atuantes no Estado do Pará e (2) identificar as diferentes estruturas logísticas a partir da caracterização dos diferentes arranjos formados pelos componentes logísticos utilizados pelas empresas.

Referências

ABAL. Associação Brasileira de Alumínio. Alumínio e Saúde. 2018. Disponível em: <<http://abal.org.br/sustentabilidade/aluminio-e-saude/>>. Acesso em: 11 de Julho de 2018.

ABAL. Associação Brasileira de Alumínio. Cadeia primária. 2018. Disponível em <<http://abal.org.br/aluminio/ca-deia-primaria/>>. Acesso em 05 set. 2018.

ABPMP. BPM CBOK: Guia para o gerenciamento de processos de negócio, Corpo comum de conhecimento. V3.0. Brasil ABPMP, 1ª ed., 2013.

ANDRADE, E. Gerenciamento de processos para melhoria da eficiência e na administração pública: estrutura de referência para a UTFRP, 2017. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2565/1/CT_PPGPGP_M_Andrade%20Elzimar_2017.pdf. Acesso em: 01 set 2018.

BALDAM, R. et al. Gerenciamento de Processos de Negócios BPM - *Business Process Management*. 2. ed. São Paulo: Érica Ltda, 2010.

BALLOU, R. H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos / Logística Empresarial. – 5.ed. –Porto Alegre: Bookman, 2006.

BRUM, S. Estudo da Influência da Granulometria no Comportamento Reológico de Polpa de Bauxita e no Fator de Atrito. Programa de Pós-graduação em Engenharia Química -UFPA, 2011. Disponível em:< http://repositorio.ufpa.br/jspui/bitstream/2011/4171/1/Dissertacao_EstudoInfluenciaGranulometria.pdf>. Acesso em: 04 set 2018.

BUFFINGTON, J. The Beverage Can in the United States : Achieving a 100 % Recycled Aluminum Can through Supply Chain Innovation. The Journal of The Minerals, Metals & Materials Society, v. 64, n. 8, p. 923–932, 2012.

CFEM. Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais. 2018. Disponível em: <https://sistemas.dnpm.gov.br/arrecadacao/extra/Relatorios/arrecadacao_cfem.aspx>. Acesso em: 26 de Julho de 2018.

DAMIAN, M.; PELOGIA, I. A importância das tarefas e os fatores críticos de sucesso para o gerenciamento de processos de negócios. Revista de Administração da UNIMEP, v. 13, n. 2, 2015.

DNPM, Departamento Nacional de Produção Mineral. Anuário Mineral Brasileiro, 2017. Disponível em: <http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/amb_metalicos2017>. Acesso em 05 set. 2018.

DNPM. Departamento Nacional de Produção Mineral. 2018. Disponível em: < <http://www.anm.gov.br/>>. Acesso em: 30 de Agosto de 2018.

FERRETTI, I.; ZANONI, S; ZAVANELLA, L.; DIANA, A. *Greening the aluminium supply chain. International Journal of production economics*, v. 108, n. 1-2, p. 236–245, 2007.

HYDRO, 2016. Disponível em: <https://www.hydro.com/pt-BR/a-hydro-no-brasil/Sustentabilidade/other/Sobre-o-mineroduto/>. Acesso em: 12 Set 2018.

HYDRO, 2016. Disponível em:< [tps://www.hydro.com/pt-BR/a-hydro-no-brasil/sobre-o-aluminio/ciclo-de-vida-do-aluminio/da-alumina-ao-aluminio/](https://www.hydro.com/pt-BR/a-hydro-no-brasil/sobre-o-aluminio/ciclo-de-vida-do-aluminio/da-alumina-ao-aluminio/)>. Acesso em: 12 Set 2018.

HYDRO. Sobre o alumínio. 2018. Disponível em: <<https://www.hydro.com/pt-BR/a-hydro-no-brasil/Sobre-o-aluminio/>>. Acesso em: 11 de Julho de 2018.

IBRAM. Instituto Brasileiro de Mineração. Relatório Anual de atividades, 2018. Disponível em <http://portaldamineracao.com.br/ibram/wp-content/uploads/2018/07/Diagrama%C3%A7%C3%A3o_Relat%C3%B3rioAnual_vers%C3%A3oweb.pdf>. Acesso em 05 set. 2018.

INSTITUTO OBSERVATÓRIO SOCIAL. Estudo da cadeia do alumínio a região norte do Brasil. 2008. Disponível em: http://www.observatoriosocial.org.br/sites/default/files/01-01-2008_12-albras-cadeia_produtiva_aluminio.pdf>. Acesso em: 05 set 2018.

LIMA, R. N. Análise de processos sob a ótica do BPM e *Lean office*: estudo de caso da empresa júnior do curso de administração da UFRN. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

MARTINS, E. 2012. As cinco fases do BPI – *Business Process Improvement*. Disponível em:<http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/gerenciamento_de_processos/modulo_1_oficina_1.pdf>. Em acesso: 01 set 2018.

MARTINS, R. A.; MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B. Guia para elaboração de monografia e TCC em engenharia de produção. São Paulo: Atlas, 2014.

MDIC. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. 2018. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/>>. Acesso em: 26 de Agosto de 2018.

MOURA, A. et al. Processo de obtenção do alumínio, 2008. Disponível em:<http://www.ufpa.br/getsolda/docs_graduacao/Trab_obt_aluminio.pdf>. Acesso em: 12 set 2018.

PALHETA, J. M.; NETO, A. C. O. Por Uma Outra Territorialização Na Amazônia Paraense/For another territorialisation in the Amazon of the Pará State. REVISTA NERA, n. 42, p. 354-372, 2018.

RANDO, A. S.; FERRÃO, A. M. A. Gestão por processos aplicada a ações de proteção e defesa civil. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, v. 7, p. 152-165, 2018.

ROWLEY, J.; SLACK, F. *Conducting a literature review. Management Research News*, v. 27, n. 6, p. 31-39, 2004.

SECEX. Secretaria de Comércio Exterior. 2018. Disponível em: <<http://portal.siscomex.gov.br/legislacao/orgaos/secretaria-de-comercio-exterior-secex>>. Acesso em: 26 de Agosto de 2018.

SEDEME. Secretaria de Estado de Desenvolvimento Econômico, Mineração e Energia. 2016. Disponível em:<<http://sedeme.com.br/portal/cadeia-do-aluminio>>. Acesso em: 02 set 2018.

SEVERO, R. A. N. F. BPM e *Lean* integrados em uma abordagem de mapeamento e análise de processos: estudo de caso em uma instituição de ensino superior pública. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SILVA FILHO, E. B.; ALVES, M. C. M.; DA MOTTA, M. Lama vermelha da indústria de beneficiamento de alumina: produção, características, disposição e aplicações alternativas. Revista Matéria, v. 12, p. 322 – 338, 2007.

SILVA, A. M.; ROSA, B. P. A Reciprocidade Cíclica Das Liberdades Sociais, Políticas E Individuais Como Pressuposto Básico Do Tripé Do Desenvolvimento Sob O Aspecto Econômico Minerário. Revista Direito Ambiental e Sociedade, v. 7, n. 3, p. 171-199, 2018.

SIMINERAL. Sindicato das Indústrias Minerárias do Estado do Pará. 2018. Disponível em: <<http://simineral.org.br/nossas-acoess/anuarios/anuario-digital>>. Acesso em: 26 de Agosto de 2018.

SUBPLAN. Subprocuradoria Geral de Justiça para Assuntos de Planejamento Institucional, 2014. Curso para gestão de processos. Disponível em:<http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/gerenciamento_de_processos/modulo_1_oficina_1.pdf>. Acesso em: 01 set 2018.