

# INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA DAS ROCHAS ORNAMENTAIS, ICV – ROCHAS

Abiliane de Andrade Pazeto<sup>1</sup>; Phillipe Fernandes de Almeida<sup>1</sup>; Carlos Eduardo Ribeiro Wandermurem<sup>1</sup>; Nuria Fernández Castro<sup>1</sup>; Mônica Castoldi Borlini<sup>1</sup>; Daniel Pimentel Tavares<sup>1</sup>

**Resumo:** Dada a importância da inserção da sustentabilidade em todos os setores econômicos da sociedade, é recorrente a necessidade de se reduzir o consumo de energia e matérias primas esgotáveis, bem como reduzir o impacto ambiental inerente aos processos produtivos. A Análise do Ciclo de Vida constitui uma ferramenta promissória nesse sentido. O projeto Inventário do Ciclo de Vida das Rochas Ornamentais - ICV Rochas é um dos estudos piloto que objetiva validar a metodologia de elaboração de Inventários de Ciclo de Vida desenvolvida no Brasil, seguindo a técnica de Avaliação do Ciclo de Vida – ACV. O objetivo do inventário é o abastecimento de um banco de dados, com quantitativos químicos, físicos e energéticos; entradas e saídas de materiais e energia em toda a cadeia produtiva das rochas ornamentais, da extração à saída da fábrica, gerando informações de grande utilidade para a otimização dos processos produtivos e a melhoria de sua competitividade do ponto de vista ambiental. O projeto tem como cenário de estudo o estado do Espírito Santo, representativo a nível nacional pelo volume de rochas ornamentais extraídas, processadas e exportadas, onde se encontram todas as etapas da cadeia produtiva, destacando-se o beneficiamento. A metodologia envolve a participação direta das empresas, de forma a se garantir a aquisição de dados primários consistentes. No entanto, as particularidades da produção de rochas ornamentais, denotadas pela diversidade de rochas comercializadas e pela própria configuração do setor, constituído de muitas pequenas e médias empresas, conformam-se nos principais desafios de adequação da metodologia ao projeto.

**Palavras-chave:** inventário do ciclo de vida, rochas ornamentais, sustentabilidade.

**Abstract:** Sustainability became an important concept to be introduced in all economic sectors of our society. This leads to an unconditional need of reducing raw materials and energy consumption and of reducing the environmental impact of products processing as well. Life Cycle Analysis (LCA) constitutes a promising tool in this direction. The Life-Cycle Inventory of Dimension Stones - LCI Stones is one of the preliminary studies being carried out to validate the LCI methodology developed in Brazil, following the LCA technique. This inventory aims to feed a data base, with chemical, physical and energetical data; materials and energy inputs and outputs along the whole stones productive chain, from the quarries to the finished material. This will generate valuable information to improve productive processes and products competitiveness from the environmental point of view. The framework for this study is the State of Espírito Santo, representative of the Brazilian Dimension Stones sector, as it is the main producer and exporter, holds all the stages of the productive chain and stands out for its processing units. The methodology requires the producing companies' direct involvement in order to guarantee the acquisition of reliable primary data. Nevertheless, particularities of this productive sector, such as the outstanding variety of commercialized materials and the sector's configuration, constituted by many small and medium size enterprises, are the major challenges to adequate the LCI methodology to this project.

**Key-words:** life cycle inventory, ornamental stones, sustainable development.

---

<sup>1</sup> Núcleo do Espírito Santo, Centro de Tecnologia Mineral, CETEM/MCT – Rodovia Cachoeiro-Alegre, km 5, Morro Grande, Cachoeiro de Itapemirim-ES, (28) 3511-8937, mborlini@cetem.gov.br

## 1 – INTRODUÇÃO

Dada a importância da inserção da sustentabilidade em todos os setores econômicos da sociedade, é recorrente a necessidade de se reduzir o consumo de energia e matérias primas esgotáveis, proteger a saúde humana e reduzir o impacto ambiental inerente aos processos produtivos (TAXIARCHOU & KOSTOPOULON, 2007; ALBINO *et al.*, 2009). A Avaliação do Ciclo de Vida - ACV se apresenta como uma ferramenta promissória nesse sentido, pois é uma técnica para a avaliação dos aspectos ambientais e impactos potenciais inerentes ao ciclo de vida de um produto ou serviço, ou seja, desde a aquisição da matéria prima até sua disposição final, passando pela manufatura e uso. A ACV não somente identifica os aspectos ambientais a serem melhorados ao longo do ciclo de vida, mas também subsidia no marketing do produto e na tomada de decisões na indústria, visando, por exemplo, o planejamento estratégico, a definição de prioridades ou o projeto ou reprojeto de produtos ou processos (ABNT, 2009).

O Inventário do Ciclo de Vida de Rochas Ornamentais, ICV - Rochas é um projeto que junto com outros inventários formam o conjunto de estudos piloto para validar a metodologia de Inventários do Ciclo de Vida da Indústria Brasileira – SICV Brasil, um projeto do Ministério da Ciência e Tecnologia, que visa à melhoria da competitividade das indústrias brasileiras na elaboração de produtos e tecnologias de produção mais limpas. O inventário é a base para a realização de um estudo completo de ACV. O SICV é uma das linhas de ação do Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida – PBACV, que estabelece diretrizes no âmbito do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Sinmetro, para dar continuidade e sustentabilidade às ações de ACV no Brasil, com vistas a apoiar o desenvolvimento sustentável e a competitividade ambiental da produção industrial brasileira e a promover o acesso aos mercados interno e externo.

Está sendo desenvolvida no projeto ICV – Rochas uma adaptação de metodologia para levantamento sistemático de dados da cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais, de acordo com as representatividades tecnológicas e as particularidades desta indústria. Um banco de dados será abastecido, com quantitativos físicos, químicos e energéticos, entradas e saídas, gerando informações que servirão para análise e seleção de processos, insumos e equipamentos. As informações poderão orientar importantes decisões para o aprimoramento tecnológico, econômico e ambiental das empresas produtoras de rochas ornamentais e, mais especificamente, das empresas do Arranjo Produtivo Local de rochas ornamentais do Espírito Santo, onde os dados serão coletados.

O objetivo deste trabalho é apresentar o estudo que está sendo realizado no âmbito do projeto ICV-Rochas, as atividades realizadas e previstas, bem como as dificuldades encontradas na adaptação de metodologia, dadas às particularidades do setor de rochas ornamentais brasileiro.

## 2 – AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

A crise do petróleo dos anos 60 do século passado revelou a necessidade de se avaliar o consumo de recursos naturais e deu início a uma série de estudos que, mediante balanços de massa e energia de processos industriais, mensuravam o consumo de matérias primas e combustíveis e a geração de resíduos (CETEA/ITAL, 2007).

Segundo Viana (2008), esses primeiros estudos, do final da década de 60, já seriam o que hoje se conhece como ACV. O estudo pioneiro partiu da iniciativa de uma marca de refrigerantes, nos Estados Unidos, que encomendou um estudo ao *Midwest Research Institute* (MRI) com o objetivo de comparar os níveis de consumo de recursos naturais e de emissões ao meio ambiente de diversas embalagens para refrigerantes. Este tipo de estudo ficou conhecido como *Resource and Environmental Profile Analysis* (REPA) e, em 1974, foi aprimorado pelo MRI durante a realização de um estudo para a *Environmental Protection Agency* (EPA), tornando-se o primeiro estudo de ACV conhecido. A Europa e outros países também desenvolveram as próprias técnicas de avaliação, semelhantes a ACV e, em 1991, foi publicada, pela *International Organization for Standardization* (ISO) a série ISO 14.040 de Avaliação de Ciclo de Vida, adotada também no Brasil pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, em 2001.

À preocupação da sociedade com o esgotamento dos recursos não renováveis e os resíduos gerados, foram se juntando outras de ordem ambiental global ao longo dos anos, (efeito estufa, chuva ácida, desertificação, etc.) e social (falta de água e alimentos), que acabaram se firmando em nosso atual pensamento de desenvolvimento sustentável. Desde a publicação do relatório Bruntland, em 1987, que define o desenvolvimento sustentável como o que nos permite evoluir social e economicamente, usufruindo dos recursos sem comprometer o meio ambiente e garantindo esse mesmo direito para gerações futuras, milhares de estudos e programas têm sido desenvolvidos com o intuito de quantificar esse desenvolvimento e os impactos ambientais e sociais da utilização dos recursos que a terra oferece.

Hoje, quase 30 anos depois, dispõe-se de muitas ferramentas para medir o impacto socioambiental das atividades humanas. No entanto, esses impactos tem grande dependência da localização onde eles acontecem, mesmo que suas consequências tenham contribuição global. Dentre as ferramentas hoje existentes, a técnica de ACV tem se mostrado muito eficiente e está sendo reconhecida como a mais completa para avaliar esse impacto global.

A abordagem do Ciclo de Vida resulta interessante nesse sentido já que, em primeiro lugar, avalia os impactos ao ambiente e à saúde humana em todas as etapas da vida de um produto: sua obtenção, utilização e descarte. Quando se fala em ciclo de vida de um produto, considera-se que todas as atividades necessárias à utilização deste produto, “do berço ao túmulo”, resultam em impactos ambientais e à saúde, devido ao consumo de recursos, emissão de substâncias no meio ambiente e outras trocas ambientais (REBITZER, 2004, apud VIANA, 2008). Assim, esses impactos são quantificados onde eles realmente acontecem (como entradas de matéria prima e energia e saídas em emissões ao meio ambiente), levando-se em consideração a função que o produto exerce ao longo da sua vida e, posteriormente, é feita uma análise e avaliação desses impactos a nível global (impacto na depleição da camada de ozônio, na eutrofização, efeito estufa, dentre outros).

As fases de um estudo de ACV consistem em: definição de seu objetivo e escopo; realização de um levantamento quantitativo de dados (inventário) de todas as entradas (materiais, energia e recursos) e saídas (produtos, subprodutos, emissões, etc) durante todo o ciclo de vida; identificação dos impactos ambientais potenciais ao longo do ciclo de vida; e interpretação dos resultados do estudo. É importante ressaltar que a técnica de ACV tem limitações, que devem ser consideradas tanto na elaboração dos estudos quanto no uso dos seus resultados.

Atualmente, o uso da ACV tem crescido nos países desenvolvidos europeus, na América do Norte e Japão, principalmente no âmbito das empresas de grande porte. Em pequenas e médias empresas, a aplicação da ferramenta não é tão difundida, devido, principalmente, à sua complexidade, custo elevado e demanda de tempo (LIMA, 2007). Nesses mesmos países, os estudos de ACV têm auxiliado também na geração de políticas públicas.

Por um lado, os resultados dos estudos de ACV, permitem identificar produtos, serviços e processos com maiores impactos e as etapas deles onde acontecem e, como consequência, fornecer informações para melhorar os processos produtivos e para implementar políticas públicas de incentivo a produtos e serviços menos impactantes, visando melhorar a competitividade ambiental das empresas dos países.

Por outro lado, por permitir a comparação de produtos e serviços quanto ao seu desempenho ambiental, pode servir como barreira comercial tanto para o mercado externo, pois os países podem exigir determinado desempenho ambiental de produtos, como para o interno, já que o consumidor, cada vez mais responsável e consciente, terá a oportunidade de escolher, dentre vários produtos e serviços que possam exercer a mesma função, aqueles com melhor desempenho ambiental.

A maior dificuldade, no entanto, é que para poder se utilizar desta técnica é necessária a existência de bases de dados quantitativos, consistentes, confiáveis e comparáveis. Países desenvolvidos já contam com bancos de dados em diversas bases que só podem ser utilizados em outros países com restrições, já que esses dados são referidos às condições específicas de cada país (matérias primas e processos de produção locais).

As nações em desenvolvimento ainda estão iniciando as políticas públicas de divulgação e incentivo à implementação da ACV. Dentro desse contexto, foi aprovado em Reunião Ordinária do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - Conmetro, realizada no dia 15 de dezembro de 2010, o Programa Brasileiro de Avaliação do Ciclo de Vida – PBACV. O Programa será gerido pelo Comitê Gestor do PBACV, formado por representantes do governo, da academia, setores produtivos, organizações comprometidas ao tema ACV e representantes dos Comitês Assessores do Conmetro. Dentro desse programa, o Comitê Gestor está selecionando os setores prioritários para incentivo à realização de inventários, ponto estratégico para a aplicação do Programa, já que o país não dispõe ainda de bancos de dados de inventários. Em paralelo à preparação do Programa, foi elaborada a Metodologia Padrão de Elaboração de Inventários e desenvolvido o SICV-Brasil, com o objetivo de oferecer um Banco de Dados de Inventários de Ciclo de Vida da Indústria Brasileira, que possam ser utilizados por outros países e importados por softwares de ACV, de formato harmonizado com outros países seguindo os critérios de qualidade da *Internacional Life Cycle Data Base - ILCD*, criado pela União Européia (IBICT, 2009).

Com a finalidade de se testar a metodologia brasileira, foram selecionados alguns setores prioritários para a elaboração de ICVs, como o do Aço e o do Etanol, já finalizados e o do Diesel, em fase inicial. Embora seja o governo quem nesta fase inicial seleciona os produtos para a realização de inventários, também incentiva iniciativas de outros setores produtivos que mostrem interesse.

Por outro lado, um dos setores mais afetados pela responsabilidade socioambiental nas últimas décadas é o da construção civil. De acordo com Arena (2005), dentre todos os empreendimentos da sociedade, o do ambiente construído é o que gera um impacto ambiental mais significativo e que está em constante aumento, devido às crescentes taxas de urbanização. As pressões socioambientais que levaram, inicialmente, à construção de edificações energeticamente eficientes, hoje chegaram a considerações muito mais abrangentes, incluindo a seleção de materiais construtivos em função do impacto ambiental derivado da sua produção e utilização. Tanto é assim que a utilização de materiais que passaram pelo estudo de ACV é um passo importante para se obter a certificação LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), certificação reconhecida internacionalmente, desenvolvida pelo *Green Building Council* dos Estados Unidos. O Brasil, assim como mais 20 outros países, também tem seu *Green Building Council* estabelecido e está implementando o LEED.

Sendo a construção civil o principal destino dos produtos de rochas ornamentais, esse setor produtivo percebeu a oportunidade de melhorar sua competitividade utilizando a ferramenta ACV, e por meio do Centro Tecnológico do Mármore e Granito – CETEMAG procurou recursos junto ao governo para a realização do inventário do ciclo de vida de rochas ornamentais. Esta solicitação foi oportuna no processo de implantação de ACV no Brasil, para o qual um novo estudo piloto de inventário com a participação dos empresários seria mais uma oportunidade para testar e validar a metodologia padrão de inventários já desenvolvida no país, e também para capacitar recursos humanos em ACV. Assim, o Ministério da Ciência e Tecnologia encomendou o projeto ao CETEM, instituto de pesquisa pertencente a esse Ministério.

O projeto aprovado e financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, intitulado MELHORIAS TECNOLÓGICAS, ENERGÉTICAS E AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE ROCHAS ORNAMENTAIS POR MEIO DA AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA DO PRODUTO, ICV – ROCHAS tem como objetivo realizar um estudo piloto de Inventário do Ciclo de Vida (ICV) de Rochas Ornamentais e criar uma metodologia de levantamento de dados da cadeia produtiva do setor de rochas, de acordo com as representatividades tecnológicas e as particularidades desta indústria. O ICV-Rochas tem como parceiros o Centro Tecnológico do Mármore e Granito – CETEMAG (co-executor), o Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia - IBICT (co-executor), Associação Ambiental Monte Líbano – AAMOL, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO e o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo – IFES. O projeto teve início no final de 2009 e o prazo de vigência é até novembro de 2012.

### 3 - O SETOR DE ROCHAS ORNAMENTAIS

De acordo com López Jimeno et al. (1996), embora a utilização das rochas pelo homem em todo o mundo tenha uma larga história, sua consideração como atividade industrial é, ainda, muito recente. Segundo González Murias & Rodríguez González (2001), o setor se enquadra dentro do que se chama “nova mineração”. É um ramo industrial relativamente jovem, moderno, mas que tem grande relevância econômica, dado que emprega diretamente mais de meio milhão de pessoas em todo o mundo e, sobretudo, porque oferece amplas possibilidades de crescimento no futuro.

À diferença de outros produtos da mineração, as rochas ornamentais são de maior interesse comercial e econômico em função de suas características estéticas, físico-mecânicas e de aptidão ao polimento e, portanto, seu valor e aceitação no mercado dependem grandemente das ações de marketing.

No âmbito comercial, as rochas ornamentais e de revestimento compreendem diversas variedades litológicas que são englobadas genericamente apenas sob as categorias “granitos” e “mármore”, apesar de possuírem definições geológicas mais estritas. Os “granitos” compreendem assim rochas silicáticas que não são propriamente granitos, como charnockitos, sienitos, basaltos, conglomerados, gnaisses, entre outras, enquanto os “mármore” abrangem diversos tipos de rochas carbonáticas, metamórficas ou não, capazes de receber polimento e lustro, como dolomitos, calcários e serpentinitos. Outros tipos de rochas comercializadas são ardósias, quartzitos, pedra sabão e outras pedras naturais (não submetidas ao polimento).

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores mundiais de rochas ornamentais. Segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Rochas Ornamentais - ABIROCHAS, o Brasil posicionou-se como 5º maior produtor de rochas em 2008, compreendendo 8 milhões de toneladas de produtos diversos. Dentre os estados produtores, o Espírito Santo é pioneiro e também o mais importante, respondendo por mais de 56% do volume físico produzido no país (CHIODI FILHO, 2009) e detentor do maior parque de beneficiamento de rochas da América Latina. Outros estados também possuem produção expressiva, destacando-se Minas Gerais, Bahia, São Paulo e Rio de Janeiro, sendo grande parte da sua produção também beneficiada e exportada pelo Espírito Santo.

No país são registradas atividades de extração em cerca de 400 municípios, assumindo-se a existência de 1.800 frentes ativas de lavra e a produção de 1.200 variedades comerciais de rochas (CHIODI FILHO, 2008).

Apesar da sua importância econômica e de ser um segmento industrial já consolidado no país, o setor de rochas ornamentais ainda precisa de muitos estudos, em toda sua cadeia produtiva. Esta carência justifica-se principalmente no fato de que as técnicas de produção do setor foram se estabelecendo de forma empírica. Além disso, embora já existam alguns estudos sobre os processos que envolvem cada etapa da cadeia produtiva de rochas, a gama de materiais hoje disponíveis no mercado é muito vasta, ampliando cada vez mais o campo a ser estudado.

#### 3.1 - Cadeia Produtiva

O conceito de cadeia possui definições bastante amplas, possuindo como característica principal a sua linearidade e sucessão de etapas, e o enfoque em determinados produtos finais ou matérias primas base. A cadeia produtiva do setor de rochas ornamentais compõe-se basicamente das etapas de extração de blocos (parte deles produtos finais para exportação) da matéria prima litológica (maciço rochoso), seu transporte até unidades de beneficiamento, o corte do bloco em chapas de pouca espessura (2 – 3 cm), e o acabamento superficial das chapas (normalmente resinagem e polimento). As chapas produzidas são produtos finais para exportação ou podem ser transformadas em outros produtos, mediante corte e trabalho de bordas (ladrilhos, bancadas, tampos de mesa, dentre outros). Destaca-se que o setor no Brasil abriga todas as atividades da cadeia produtiva, incluindo fabricação de máquinas, equipamentos e insumos.

### 3.1.1- Etapas da cadeia

Na extração, o processo tecnológico inicia-se nas pedreiras, termo utilizado exclusivamente para denominar as minas à céu aberto de rochas ornamentais ou de agregados. Em pouquíssimos casos as rochas ornamentais são extraídas em lavras subterrâneas. Nas pedreiras, são extraídos blocos de rocha, de dimensões padronizadas (aproximadamente 2,90 x 1,90 x 1,80), podendo ser de blocos grandes irregulares expostos na superfície (matacões) ou, como na maioria dos casos, do maciço rochoso, pelo método de bancadas. Neste último caso, primeiro são isolados grandes painéis por meio de furação e explosivos ou argamassa expansiva, ou bem por corte com fio diamantado. Os painéis são, depois, subdivididos em blocos, na praça de trabalho, por perfuração contínua ou fio diamantado. Nesta fase, também se utilizam tecnologias de movimentação e carregamento dos blocos de rocha.

Após a extração, os blocos são transportados para as serrarias em caminhões, onde se inicia a etapa de beneficiamento, constituída de serragem e polimento. A primeira é caracterizada pelo processo de desdobramento dos blocos de rochas em chapas, mediante o uso de maquinário de corte específico, geralmente teares multilâmina, nos quais o bloco é cortado por lâminas de aço colocadas em um quadro metálico com movimento descendente, com auxílio de uma mistura abrasiva, composta de granalha de aço, cal, água e o próprio pó da rocha cortada. Parte dessa lama é recirculada durante o desdobramento, mas, quando o conteúdo em sólidos é muito alto, ela é descartada. Em seguida, ocorre o polimento que consiste no desbaste da superfície com abrasivos (diamantados, de liga metálica ou com base de resinas) para eliminar irregularidades e dar brilho. Após passar por determinada sequência de abrasivos, a maioria dos materiais é submetida ao processo de resinagem, para se fechar microdescontinuidades e/ou enaltecer a cor, voltando em seguida para a finalização do polimento.

As chapas podem ser submetidas a outros processos de acabamento superficial como flamagem, escovado, apicoado, por exemplo, sendo o mais generalizado o polimento e, por isso, o considerado neste estudo de ICV. As chapas polidas já são encaminhadas à exportação ou a processos de corte, normalmente mediante o uso de discos diamantados, em ladrilhos padronizados ou outros produtos.

O processo produtivo é basicamente o mesmo em todas as empresas, não havendo grandes diferenças quanto às tecnologias utilizadas. Por exemplo, para o corte dos blocos, a tecnologia mais utilizada é a serragem em teares de lâminas (convencionais), como descrito, mas cada vez é mais estendido o uso de teares de fios diamantados (teares multifio), uma tecnologia mais limpa (sem granalha nem cal) e de maior produtividade. Também podem variar em função do tipo de rocha; por exemplo, o tear multilâmina utilizado para o corte de blocos de mármore utiliza lâminas diamantadas, dispensando o uso de granalha de aço, e os equipamentos utilizados no polimento são um pouco diferentes. Já considerando-se somente os granitos comerciais que englobam materiais silicáticos, mas com muitas diferenças, as maiores variações no processo de beneficiamento referem-se às quantidades e tipos de insumos utilizados, pois dependendo do tipo de material e dos modelos de equipamentos utiliza-se algum tipo de insumo em quantidade maior ou menor e há uma variação no tempo gasto para se finalizar uma etapa do processo. No entanto, considera-se que isto não afetará o estudo, já que as unidades de beneficiamento trabalham com muitos tipos de materiais diferentes, mas mantêm índices mensais de consumo de insumos bastante regulares. Pretende-se assim considerar e inventariar a cadeia produtiva do mármore separada da do granito.

## 4 – ICV – ROCHAS

O projeto está sendo executado segundo a Metodologia Padrão para Elaboração de Inventários do Ciclo de Vida do SICV Brasil, cujo formato é harmonizado com os critérios de qualidade de inventários da União Européia.

A seguir são descritas atividades já realizadas, bem como as previstas, e as dificuldades encontradas para adequação da metodologia este setor específico.

#### 4.1. - Definição de objetivo

O objetivo deste inventário é colaborar com a melhoria dos processos produtivos da indústria do setor de rochas ornamentais, visando melhorar sua competitividade do ponto de vista ambiental, e abastecer o banco de dados do Sistema Brasileiro de Inventário de Ciclo de Vida (SICV Brasil).

Dentro de um estudo ACV, o inventário é a segunda etapa, realizada após se definirem o escopo e a abrangência. Para isso, é necessário, também, elaborar um panorama do setor.

#### 4.2. - Definição de escopo

De acordo com a norma NBR 14040, na definição do escopo de um estudo da ACV devem ser considerados e descritos: a função pretendida do produto, a unidade funcional (quantidade individual mínima do produto inventariado para essa função), o fluxo de referência (número necessário de unidades funcionais para se exercer a função definida), o sistema de produto a ser estudado e as fronteiras do sistema de produto.

O objeto desse estudo será o beneficiamento de rochas (sistema de produto) e o produto, a chapa polida. A unidade funcional deste inventário é a chapa polida, de tamanho padrão (2,90 m x 1,90 m x 0,03 m) com uma superfície de 5,5 m<sup>2</sup>. Nosso produto é considerado matéria prima de outros produtos e, portanto, a função será disponibilizar 5,5 m<sup>2</sup> para a produção de diversos produtos (ladrilhos, tampas, pias...). O fluxo de referência será 1 chapa.

A chapa é produzida nas unidades industriais de beneficiamento de blocos e, por isso, o sistema de produto principal deste estudo é o beneficiamento. Esse sistema inclui dois subsistemas: a serragem dos blocos (beneficiamento primário) e o polimento das chapas obtidas (beneficiamento secundário). Outros subsistemas existentes nas unidades produtivas, como outros tipos de acabamento (apicoamento, flamagem, escovado) não serão abordados no presente inventário.

Como o bloco extraído das pedreiras é a principal matéria prima para a obtenção das chapas de rochas e ainda não há inventário de ciclo de vida de blocos de rochas, esse estudo de levantamento de dados da extração dos blocos será considerado como sistema de produto auxiliar.

O levantamento de dados (inventário) será feito da extração de blocos de rochas à produção de chapas polidas, na saída de fábrica.

O inventário será realizado nas empresas de extração e beneficiamento do Espírito Santo, quantificando e qualificando todas as entradas e saídas de massa e energia dentro das fronteiras de estudo. As Figuras 1 e 2 apresentam as fronteiras definidas para o projeto.

#### 4.3. - Coleta de dados

O projeto encontra-se em fase final de adaptação do questionário *template* para levantamento de dados, segundo a Metodologia Padrão de Elaboração de Inventários e já está sendo testado nas empresas de setor de rochas. A adaptação do questionário tem sido a principal dificuldade encontrada pela equipe executora do projeto, uma vez que as variabilidades do setor, denotadas pela diversidade de rochas comercializadas, juntamente com as particularidades do beneficiamento secundário e, principalmente, a diversidade das empresas quanto à gestão de processos e controle produtivo, configuram desafios de adequação da metodologia ao projeto.

Outra dificuldade, nesta fase, é a seleção de empresas de forma que sejam representativas de todo o setor, já que há muitas diferenças quanto a tamanho e nível tecnológico. Por outro lado, muitas processam os mesmos tipos de materiais, motivo que dificulta ainda mais essa escolha de empresas parceiras do projeto.



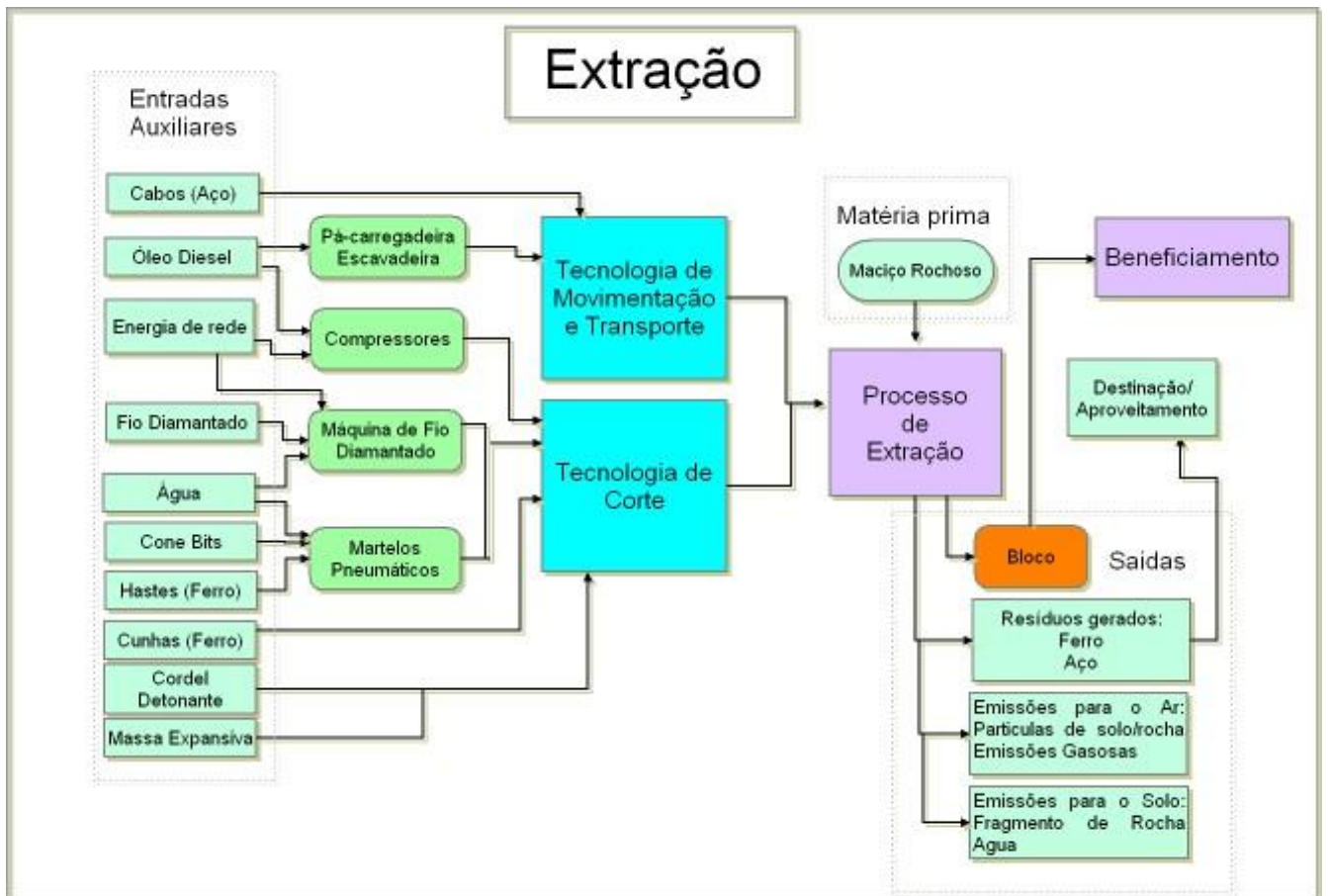


Figura 1. Fronteiras do sistema de produção de blocos (sistema de produto auxiliar).

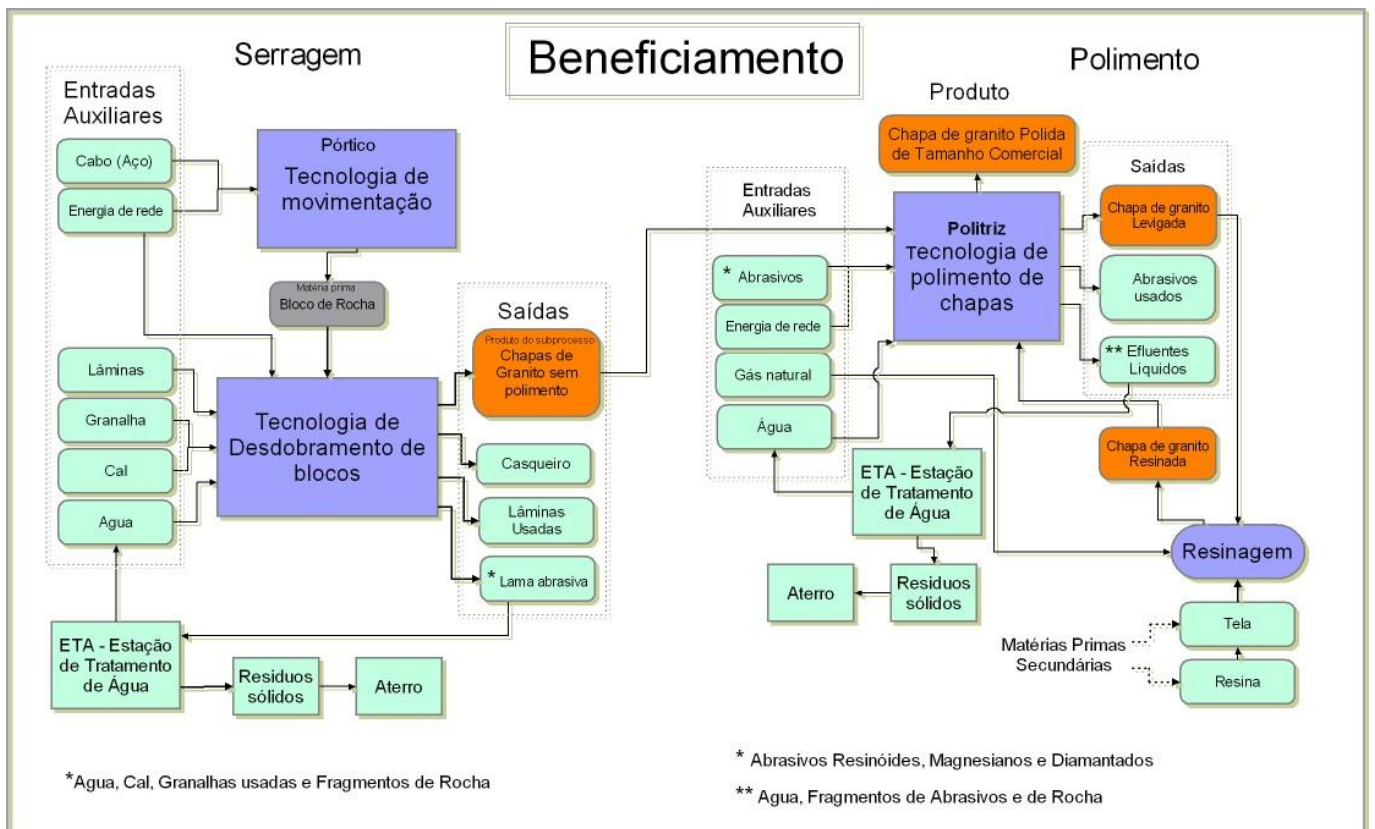


Figura 2. Fronteiras do sistema de produção de chapas (sistema de produto principal).



O processo de adequação envolve a elaboração de um questionário que contemple a variabilidade das empresas, ao mesmo tempo em que mantém a consistência/confiabilidade dos dados primários a serem coletados. Este último ponto é uma grande preocupação da equipe do projeto, pois à diferença do que ocorre com grandes empresas, que já assimilaram a cultura tanto da qualidade, quanto da responsabilidade socioambiental, mantendo programas de melhoria contínua e certificados internacionais, a de rochas ornamentais é uma indústria constituída de um aglomerado (APL) de pequenas e médias empresas, com grandes dificuldades para seu desenvolvimento tecnológico e para as quais essas questões ainda são incipientes.

Após a coleta dos dados, os mesmos deverão ser validados por consultores nacionais e internacionais.

## 5 – CONCLUSÕES

Sob a perspectiva do ACV, não há no Brasil estudos que consideram o processamento das rochas de forma sistêmica, levando em consideração o aspecto ambiental dos processos. Dentro deste contexto, a iniciativa do Projeto ICV Rochas é pioneira, e se apresenta como um importante vetor na divulgação do pensamento sustentável e com possibilidades de contribuir substancialmente com as melhorias tecnológicas, energéticas e ambientais do setor.

Não obstante os aspectos auspiciosos, o projeto tem encontrado dificuldades, uma vez que as particularidades desta indústria, anteriormente descritas, exigem muitas adequações na Metodologia Padrão. O desafio maior tem sido justamente esse, para que ao fim se chegue a um resultado abrangente e que traduza a realidade do setor de rochas ornamentais brasileiro.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a seus parceiros no projeto e ao CNPq pelo apoio financeiro (processo nº. 555723/2009-7) e bolsas concedidas (processos nº 381456/2011-0, 380594/2010-2, 181434/2010-5 e 181852/2011-0) a este projeto e ao Ministério da Ciência e Tecnologia.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, V., BALICE, A. & DANGELICO, R. M. Environmental strategies and green product development: an overview on sustainability-driven companies. *Business Strategy and the Environment*, v. 18, p. 83-96, 2009.

ARENA, A. P. **Análisis del ciclo de vida y la sustentabilidad ambiental del sector edício en Argentina.** In: Caldeira-Pires, A.; Souza-Paula, M. C.; Villas Bôas, R. C. (org.). *A Avaliação do Ciclo de Vida. A ISO 14040 na América Latina.* Brasília: ABIPTI, 2005. pp 220 - 247. ISBN: 8589263045

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – requisitos e orientações.** 46 p. (Norma ABNT NBR ISSO 14044). 2009.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE EMBALAGEM: INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS – CETEA/ITAL. Coltro, L (org.). **Avaliação do Ciclo de Vida como Instrumento de Gestão.** Campinas: CETEA/ITAL, 2007. 75 p. II. ISBN: 978-85-7029-083-0. Disponível em: <[www.cetea.ital.org.br/.../ACV\\_como\\_Instrumento\\_de\\_Gestao-CETEA.pdf](http://www.cetea.ital.org.br/.../ACV_como_Instrumento_de_Gestao-CETEA.pdf)>. Último acesso: 03 de junho de 2011.

CHIODI FILHO, C. **Situação Atual e Perspectivas Brasileiras no Setor de Rochas Ornamentais**. São Paulo: ABIROCHAS, 2008. 38 pp. (Informe 02/2008).

CHIODI FILHO, C. **Balanço das Exportações e Importações Brasileiras de Rochas Ornamentais em 2008**. São Paulo: ABIROCHAS, 2009. 23p. (Informe n. 03/2009).

GONZÁLEZ MURIAS, Pilar.; RODRIGUEZ GONZÁLEZ, Xosé Antón. **La industria del granito em el siglo XXI: Realidad actual y estrategias económicas del futuro**. Vigo - ESP: Asociación Hispalink-Galicia – AHG, 2001, 186 pp.

INSTITUTO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA – IBICT. **Metodologia padrão para a elaboração de inventários de ciclo de vida da indústria brasileira. Documento consolidado**. Brasília: IBICT, 2009. 228 pp.

LIMA, Ângela Maria Ferreira. **Avaliação do Ciclo de Vida no Brasil: inserção e perspectivas**. 2007. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – UFBA, Escola Politécnica, 2007. Disponível em: <<http://www.teclim.ufba.br/>>. Acesso em: 19 maio 2011.

LÓPEZ JIMENO, Carlos et al. **Manual de Rocas Ornamentales**. 2. ed. Madrid - ESP:, 1996, 696 p.

NERY, M. A. C. & SILVA, E. A. **Balanço mineral de rochas ornamentais. 1988-2000**. [S.l.], 2001. Mimeografado.

TAXIARCHOU, M. & KOSTOPOLOU, I. **Life cycle analysis of dimension stones production**. In: 3<sup>rd</sup> International Conference on Sustainable Development Indicators in the Mineral Industry, 2007. Milos Island, p. 169-174. Grécia. 2007.

VIANA, Marcelo Mendes. **Inventário do Ciclo de Vida do Biodiesel Etílico do Óleo de Girassol**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – USP, Escola Politécnica, 2008. Disponível em: <[http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-10112008-111505/publico/Versao\\_final\\_corrigida.pdf](http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3137/tde-10112008-111505/publico/Versao_final_corrigida.pdf)>. Acesso em: 19 maio.