

## VI-238 – AVALIAÇÃO AMBIENTAL E ESTUDO PARA ANÁLISE DE CICLO DE VIDA (ACV) EM INDÚSTRIA CERÂMICA

**Adilson Moacir Becker Junior<sup>(1)</sup>**

Estudante de Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

**Tiago BenderWermuth<sup>(2)</sup>**

Estudante de Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

**Rafael Martins da Silva<sup>(3)</sup>**

Estudante de Graduação em Engenharia Ambiental na Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

**Adriane Lawisch Rodriguez<sup>(4)</sup>**

Doutora em Engenharia/TU-Berlim-Alemanha, Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Escola de Engenharia da UFRGS; Engenheira Química pela Escola de Engenharia da PUCRS. Professora do Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

**Diosnel Antonio Rodríguez Lopez<sup>(5)</sup>**

Doutor em Engenharia/TU-Berlim-Alemanha, Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Escola de Engenharia da UFRGS; Engenheira Química pela Escola de Engenharia da PUCRS. Professora do Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Vereador Ivo Claudio Weigel, 276. Bairro Renascença– Santa Cruz do Sul – RS – CEP: 96815-542 - Brasil - Tel: (51) 98067485; e-mail: adilsonbecker.jr@gmail.com.

### RESUMO

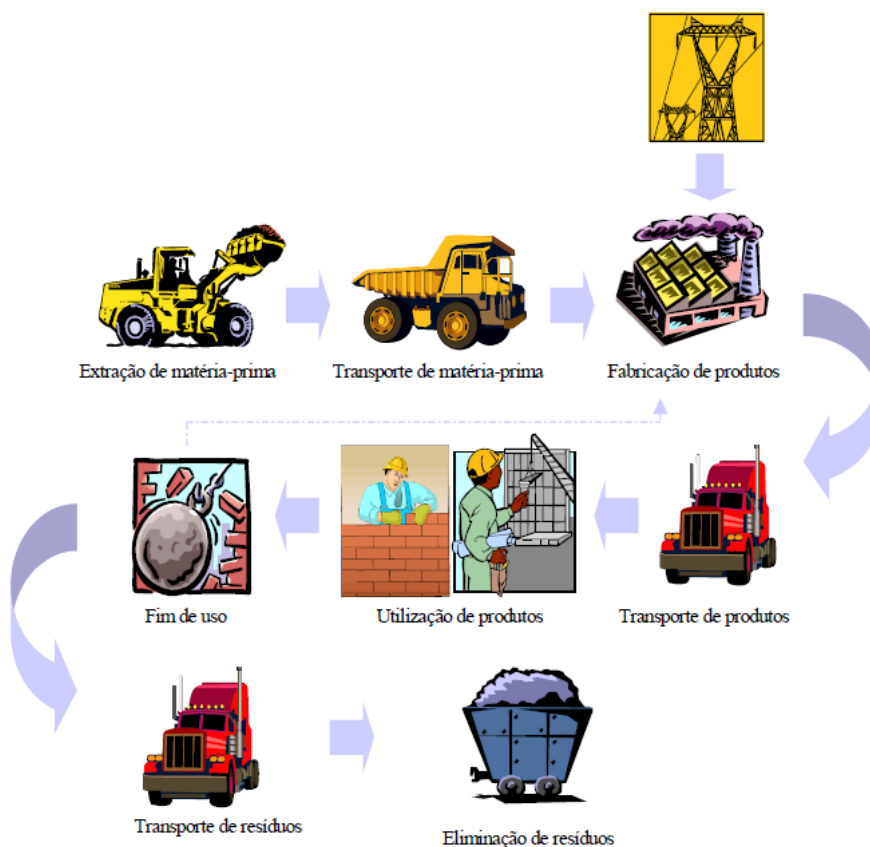
O presente trabalho tem por objetivo apresentar os estudos de Avaliação Ambiental e Análise de Ciclo de Vida (ACV) desenvolvida a partir de processo em uma indústria cerâmica na cidade de Candelária - RS. Através dos dados obtidos e levantamentos realizados, apresentam-se os pontos mais relevantes envolvidos no estudo de aplicação da Análise de Ciclo de Vida no processo de produção. Estabeleceu-se uma relação entre as diferentes peças cerâmicas e o tijolo 6 Furos Bonito, de modo a se ter uma quantidade equivalente que condiz a realidade da empresa. Para a coleta de Dados do Inventário de Ciclo de Vida foram adotados modelos conforme encontrados na literatura. Estes foram utilizados para quantificar e qualificar as diversas etapas produtivas. Para estudo do ACV utilizou-se o software Umberto® - KnowtheFlow, desenvolvido pelo Institute for Environmental Informatics, de Hamburgo, Alemanha. No processo avaliado, foram necessários 4152,4 Kg de Argila para produzir 1000 Unidades de *Tijolos 6 Furos Bonito*, tendo uma perda produtiva de aproximadamente 11%. A etapa mais crítica do processo ocorre na queima do material, no forno, a altas temperaturas. Nesta, pode-se gerar resíduos com os quais não se tem um destino adequado atualmente, correspondente aos pedaços e quebras de peças cerâmicas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cerâmica, análise de ciclo de vida, ACV, resíduos.

### INTRODUÇÃO

Os estudos envolvendo ACV para a indústria de cerâmica visam analisar as diversas etapas durante a produção e os materiais/energias utilizados em cada estágio. O objetivo é identificar os chamados “hot-spots”, isto é, partes do ciclo de vida que são importantes para o impacto ambiental como um todo. (KORONEOS, 2007)

Dentro do ciclo de vida dos produtos cerâmicos, podemos destacar as suas principais fases, conforme segue na Figura 1. O consumo de água pela indústria cerâmica estrutural não apresenta um padrão de referência, uma vez que a adição de água na preparação da massa depende das características de umidade da massa utilizada (SOARES, 2002).



**Figura1 - Principais fases do ciclo de vida da indústria cerâmica.**

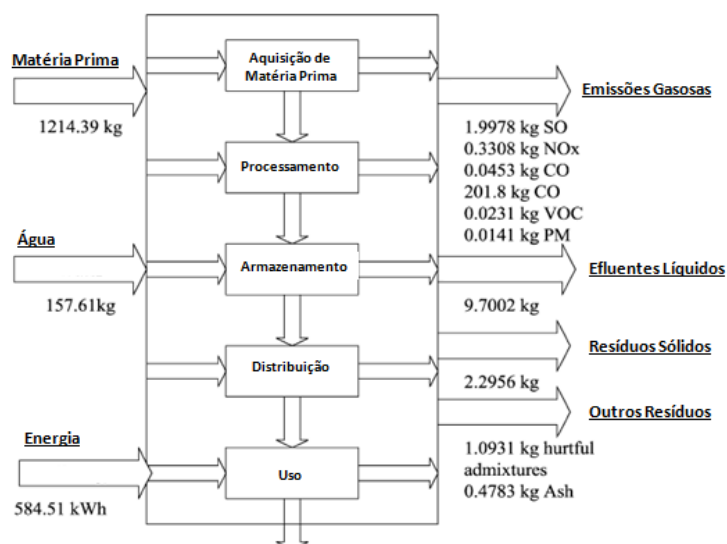
Fonte: Adaptado pelo autor de Soares (2002).

O consumo de água pela indústria cerâmica estrutural não apresenta um padrão de referência, uma vez que a adição de água na preparação da massa depende das características de umidade da massa utilizada (SOARES, 2002).

A geração de resíduos está condicionada a diversos fatores como, por exemplo, características da matéria prima utilizada, tipo de embalagem (quando houver), possibilidade de reintegração dos resíduos nos processos, entre outros. Soares (2002) cita que a indústria cerâmica estrutural apresenta na maioria das etapas de fabricação a possibilidade de reintegrar resíduo no processo, à exceção dos materiais defeituosos que saem dos fornos. Nesta situação, os resíduos podem ser utilizados como subprodutos em obras que não exijam propriedades mecânicas consideráveis ou como agregado na construção civil.

Em relação às perdas produtivas, Hansen (2010) destaca em seu estudo de ACV para produtos cerâmicos com ênfase em revestimento para porcelanato, uma perda de no máximo 3% em cada etapa. As perdas foram contabilizadas de maneira a se obter a porcentagem de material rejeitado ou quebrado em relação à quantidade de material produzido em cada etapa.

Para aplicação direta do ACV, Koroneos (2007), em seu estudo sobre avaliação ambiental na produção de tijolos, destaca a importância de três etapas: Levantamento dos dados brutos da indústria referenciada; medições de dados no local; e cálculo de dados pertinentes através de banco de dados. O autor destaca conforme Figura 2, a análise realizada para o Inventário de Ciclo de Vida do processo como um todo, tendo como base a unidade funcional de 1000 kg de tijolos.



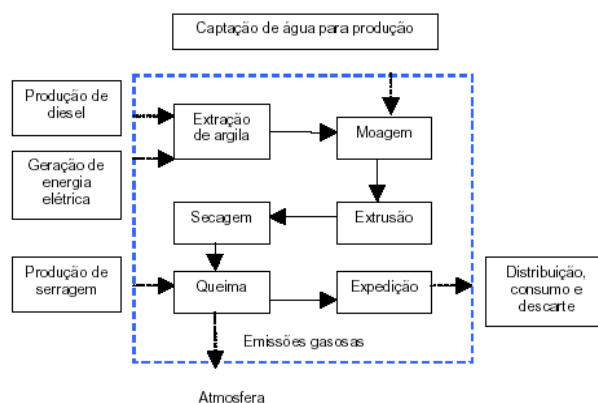
**Figura 2 – Inventário do Ciclo de Vida no processo cerâmico em fogo.**  
Fonte: Koroneos (2007)

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Definição do Objetivo e Escopo

A aplicação da ferramenta de ACV neste trabalho tem como objetivo identificar os aspectos ambientais mais impactantes ao longo da produção de peças cerâmicas na empresa parceira no estudo. Desta forma, visa destacar os chamados “hot-spots” do sistema, possibilitando a tomada de ações para minimização ou eliminação dos impactos visando também vantagens competitivas. Além disso, destacar também os diferenciais que o processo de produção estudado tem em relação as demais cerâmicas. Para este estudo foram consideradas as etapas de: Extração da Argila, Manufatura e Expedição.

O produto escolhido foi o tijolo nomeado de 6 Furos Bonito, que é o produto usualmente mais produzido. Como o levantamento foi realizado em dias de trabalho normal, há manufatura de diversos produtos. Desta forma, estabeleceu-se uma relação entre as diferentes peças cerâmicas e o tijolo 6 Furos Bonito, de modo a se ter uma quantidade equivalente que condiz a realidade da empresa. O processo de estudo para a ACV foi limitado conforme Figura 2.



**Figura 2 – Fronteiras Definidas para ACV do Tijolo 6 Furos Bonito.**

## Unidade Funcional

Como unidade funcional adotou-se 1.000 unidades de peças cerâmicas. O produto escolhido foi o tijolo nomeado de 6 Furos Bonito, que é o produto usualmente mais produzido. Como o levantamento foi realizado em dias de rotina de trabalho normal, há manufatura de diversos produtos. Desta forma, estabeleceu-se uma relação entre as diferentes peças cerâmicas e o tijolo 6 Furos Bonito, de modo a se ter uma quantidade equivalente que condiz a realidade da empresa.

## Limites do Sistema

A segunda etapa foi a aplicação da ferramenta de ACV, com o objetivo de identificar os aspectos ambientais mais impactantes ao longo da produção de peças cerâmicas na empresa parceira no estudo. Desta forma, visa destacar os chamados “hot-spots” do sistema, possibilitando a tomada de ações para minimização ou eliminação dos impactos visando também vantagens competitivas. Como unidade funcional adotou-se 1.000 unidades de peças cerâmicas.

## Produtos considerados

Na Tabela 1 são destacados os produtos relacionados para a coleta de dados:

**Tabela 1 – Produtos relacionados para a coleta de dados.**

Produto	Dimensões (cm)	Peso de saída(kg)	Qtde/Vagoneta
<b>6 Furos Bonito</b>	<b>11,5 x 14 x 24</b>	<b>3,735</b>	<b>384</b>
6 Furos Médio	9 x 14 x 19	2,612	600
6 Furos Comprido	9 x 14 x 24	3,304	480
8 Furos	9 x 19 x 24	4,342	360
8 Furos Alto	11,5 x 19 x 24	4,6	288
4 Furos Médio a vista	9 x 9 x 19	1,5	600
Tabela Pequena	7 x 25 x 20	3,75	320

Optou-se em fazer o levantamento de dados em amostragens frequentes em mais dias de produção, ao invés de se limitar em apenas um ou dois dias. Para isso, há a necessidade de correlacionar os valores de quantidades produzidas para uma unidade equivalente, uma vez que são produzidos diferentes tijolos. Desta forma, utilizou-se o Produto 6 Furos Bonito como padrão, e se estabeleceu um fator de equivalência para as quantidades produzidas, com base na massa dos demais produtos. Esta metodologia adotada está de acordo com as normativas gerais que a NBR ISO 14.040 estipula. A Tabela 2 apresenta esta relação:

**Tabela 2 – Produtos e respectivos fatores de equivalência**

Produto	Peso de saída(kg)	Fator de Equivalência
<b>6 Furos Bonito</b>	<b>3,735</b>	<b>1</b>
6 Furos Médio	2,612	0,70
6 Furos Comprido	3,304	0,88
8 Furos	4,342	1,16
8 Furos Alto	4,6	1,23
4 Furos Médio a vista	1,5	0,40
Tabela Pequena	3,75	1,0

Através deste fator de equivalência, é possível identificar, por exemplo, que a produção de 1.000 unidades de 6 Furos Médio equivale a aproximadamente 700 unidades de 6 Furos Bonito. Através desta relação, obteve-se os valores diários para a coleta de dados, considerando a Massa Total produzida e a Quantidade Produzida Equivalente.

Foi utilizado como valor diário padrão a produção de 37.245 Unidades Equivalentes do Tijolo 6 Furos Bonito, representando a massa total de 139,11 Toneladas. Por extrapolação definiu-se que a Unidade Funcional de 1.000 tijolos do tipo 6 Furos Bontio representam 3,75 toneladas, ou aproximadamente 3.750 Kg. Essa massa, todavia, representa o tijolo na forma pronta. Ou seja, a argila queimada e seca, com umidade relativamente baixa ou nula.

Para a determinação das perdas produtivas utilizou-se metodologia adotada por Pereira (2004). Segundo Pereira (2004), essa metodologia possibilita o desenvolvimento das medições e cálculos, principalmente das quantidades de massa que entram e saem de cada etapa da produção. Assim, faz-se necessário um primeiro levantamento referente às quebras, que permite fazer um caminho inverso no fluxograma do processo produtivo. As perdas foram contabilizadas a partir do acompanhamento de saídas de alguns lotes de peças, verificando-se a proporção de peças defeituosas ou quebradas do total produzido em cada etapa. Entretanto, quando não houve a possibilidade de acompanhamento ou padronização das perdas nas visitas realizadas, utilizou-se valor padronizado pelos responsáveis da empresa, por fatores de porcentagem do total produzido.

## **RESULTADOS E DISCUSSOES**

### **Avaliação do processo produtivo**

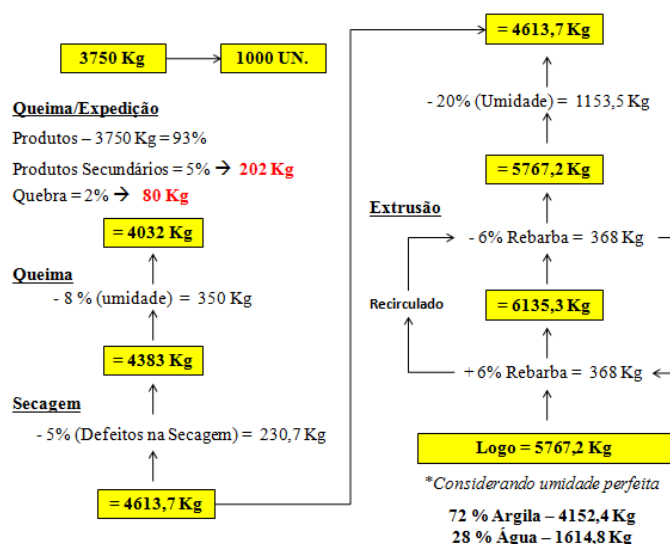
O processo produtivo inicia-se na extração da matéria. Posteriormente, as blendas de argila são encaminhadas a pré-elaboração das amostras. Na pré-elaboração, o destorroador é responsável por eliminar os torrões maiores de argila e prepará-la ao laminador. Este, por sua vez, torna a argila laminada e adequada ao processo de extrusão.

Na extrusão da Argila, são produzidas as peças cerâmicas, podendo ser tijolos, blocos estruturais, calhas e outros, conforme molde utilizado. Para prover a continuidade no processo, deve-se manter contínua também a alimentação na maromba a vácuo, que garante maior resistência aos produtos. Após saírem da maromba, as peças cerâmicas passam por um sistema de contagem automático e seguem por esteira até serem acondicionados em vagonetas, para então, passarem a primeira etapa de secagem (40 – 75°), visando a remoção inicial da umidade. Geralmente, os materiais cerâmicos recém produzidos apresentam um teor de umidade aproximado de 25%.

As peças cerâmicas que estão aptas passam ao processo de queima. Para tal, troca-se o acondicionamento para vagões de tijolos refratários, resistentes a queima, os quais são encaminhados ao forno túnel. O forno em túnel é composto de sete zonas, aonde a temperatura vai aumentando gradativamente no interior do mesmo, de modo que não ocorram fissuras nas peças. Nesta etapa os tijolos são desidratados, dando a característica final ao produto.

Desta forma, pelo fluxograma mostrado na figura 3 percebe-se que são necessários 4152,4 Kg de Argila (sem considerar a quantidade de umidade) para produzir 1000 Unidades de Tijolos 6 Furos Bonito. Pela diferença nas massas de entrada e saída no processo, conclui-se uma perda produtiva de aproximadamente 11%. Esta perda, no entanto, inclui os tijolos defeituosos na secagem, que são reintroduzidos no processo, e os produtos secundários, que também são comercializados.

Para quantificar a perda em rebarba no percentual de 6%, extrapolou-se o valor indicado de que, em média, gera-se 1000kg/h de rebarba. Relacionando esta quantidade com a produção diária, é possível adequar relação entre a perda e a produção por hora.



**Figura 3 – Avaliação das perdas no processo produtivo.**

### Extração de Argila e Transporte

Dados encontrados na literatura indicam que uma escavadeira hidráulica necessita de 12 segundos para extrair 01 tonelada e carregar o caminhão, sendo o seu consumo de 16 L/h. (PEREIRA, 2004) Conforme informações obtidas junto à fábrica, a carga de um caminhão é de 25 toneladas.

Para extração de uma tonelada, portanto, é necessário 0,053 Litros. Para a extração de 5767,2 Kg de Argila (quantidade necessária à produção da unidade funcional) com umidade adotada como ideal, são necessários 0,31 Litros de Diesel. Adotou-se a quantidade de 5767,2 Kg pois foram consideradas as extrações ocorrentes em períodos frios e chuvosos, os quais não necessitam de adição de água. Nestas extrações, a argila possui umidade de pelo menos 28%, necessária a produção dos tijolos. Se apresentar umidade muito superior, a mesma ficará em descanso em local coberto até estabilizar a umidade ideal.

Conforme destaca Pegoraro et al (2010), em seu levantamento para a coleta de dados de ACV em caminhões do transporte rodoviário, um caminhão médio tem rendimento aproximado de 3,2 Km/L. Assim, consome em média 0,31 L/Km.

### Distâncias das Jazidas

Dentre as jazidas atuais, podemos destacar três diferenciações (Tabela 3):

**Tabela 3 – Jazidas utilizadas para extração de matéria prima.**

Jazida	Nome	Distância (Km)	Utilização (%)
Jazida A	Pica-pau	9	50
Jazida B	Cabrais	12	10
Jazida C	Proximidades	1	40

Considerando as jazidas relacionadas, nota-se que a taxa de utilização destas diferem entre si. Para se tirar o máximo proveito do transporte, deve-se ter uma carga aproximada de 25 toneladas. Defini-se que estas 25 toneladas correspondem a taxa de utilização mínima de 10%, equivalente à utilização da Jazida B, correspondendo a uma viagem. A Jazida A, utilizada em uma taxa de 50%, realiza então 5 viagens, cada qual com 25 toneladas de argila e um total de 125 toneladas. Por fim, a Jazida C, realiza 4 viagens, carregando um total de 100 toneladas.

Através destes dados, tem-se uma distância total percorrida (Ida e Volta) de 122 Km, para o transporte de 250 toneladas de argila. Para transporte de 250 toneladas de argila, são necessários 37,82 Litros de Diesel. Por extrapolação, conclui-se que, através desta metodologia, são necessários 0,90 Litros de Combustível para 5,77 toneladas (quantidade necessária a fabricação de 1000 tijolos equivalentes). O consumo total de diesel é, portanto, de 1,21 Litros por 1000 unidades de tijolos equivalentes produzidos, para extração e transporte da argila.

### Emissões

Através da metodologia adotada por Pereira (2004), estimou-se a geração destes poluentes de acordo com o consumo de diesel por produção da unidade funcional. Desta forma, tem-se a geração de:

- CO : 16,97 g.
- HC: 3,69 g.
- NOx: 2,83 g.
- SOx: 2,83 g.
- Particulados: 5,66 g.

### Energia Elétrica

O consumo médio mensal de energia elétrica, considerando o período de Abril/2011 até Abril/2012, é de aproximadamente 147.000 kwh. Dessa forma, como se tem em média 30 dias por mês, considera-se 4 dias por mês sem atividade (domingos), utilizou-se como padrão 26 dias de atividades. Assim, por dia, tem-se um consumo médio diário de 5640 kwh. Com este consumo seria possível produzir, aproximadamente, 37.245 unidades equivalentes do tijolo 6 furos bonito. Desta forma, para 1000 unidades, são necessários 150kwh de energia elétrica, considerando todo o processo produtivo.

### Maravalha para Queima

Através das informações levantadas com os responsáveis técnicos da Cerâmica, utiliza-se uma média de 70m³/dia de cavaco de maravalha para queima nos secadores e forno. Considerando uma produção diária de 37.245 unidades equivalentes do tijolo 6 furos bonito, tem-se que são necessários 1,88 m³ de cavaco de madeira para fabricação de 1000 unidades do produto.

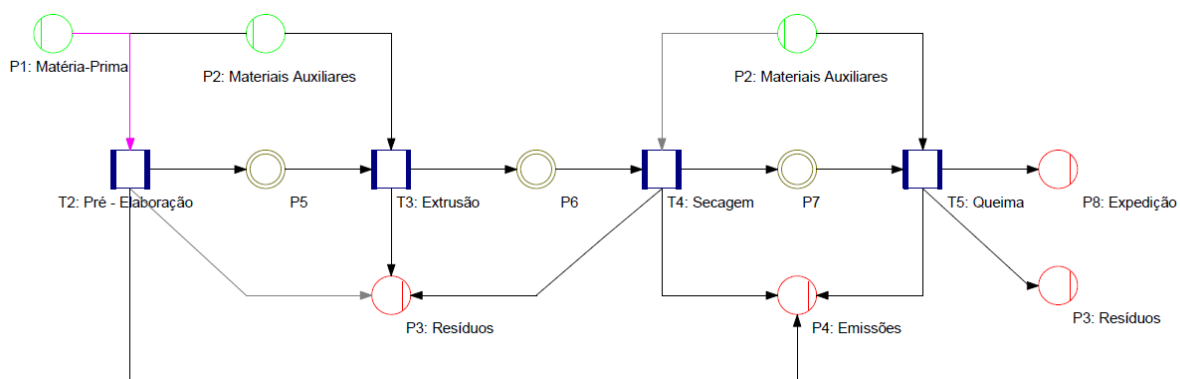
No trabalho realizado por Moulin (2010), foi obtido uma densidade aproximada de 70Kg/m³ para maravalha gerada em serraria. Utilizando este valor como referência, são necessários 131,6 Kg de Cavaco para produção da unidade funcional.

### Cinzas

A geração de cinzas da queima é quantificada, em média, em 3 carrinhos de mão. Cada um destes tem um volume de 40 Litros, o que totaliza 120 L ou 0,120 m³. Segundo Lima (2008), a densidade média de cinzas de queima é de 2,20 g/cm³, ou 2.200 kg/m³. Para 0,120 m³, tem-se 264 Kg de Cinzas, o que equivale a geração de um dia. Como a produção diária é de 37.245 unidades equivalentes, são gerados 7,10 Kg de Cinzas para 1000 unidades do produto.

### Avaliação do Ciclo de Vida e do Impacto ambiental

Através das pesquisas realizadas na empresa e dos dados obtidos, destaca-se o fluxograma do processo (Figura 4), utilizando software para posterior análise de dados relativos ao Inventário de Ciclo de Vida (ICV) e Análise de Ciclo de Vida (ACV).



**Figura4 – Fluxograma do processo através do Software UMBERTO**  
**Figura 2 – Fluxograma do processo através do Software UMBERTO**

Em relação a avaliação ambiental do processo produtivo, destaca-se que as primeiras etapas não apresentam significativo impacto ambiental. O material utilizado para a extrusão é basicamente a argila pré-elaborada anteriormente. Além disso, pode haver consumo de água, caso seja necessário acréscimo na umidade da argila. Após a modelagem das peças, estas são cortadas e divididas de acordo com o produto. O corte das peças gera materiais de rebarba, que retornam as esteiras imediatamente anteriores à Maromba, para novo processamento, evitando assim perdas no processo.

Após a etapa de secagem, os tijolos que apresentarem qualquer tipo de dano são descartados. A vantagem em descartá-los anteriormente a queima propriamente dita é a possibilidade de reintroduzi-los no processo, uma vez que podem ser extrusados novamente.

Todavia, é na etapa posterior, de queima das peças, que tem-se um dos principais “hot-spots” da indústria cerâmica, em virtude das altas necessidades energéticas desta etapa. Um dos pontos interessantes da indústria estudada é o aproveitamento energético que esta possui: O calor gerado nos fornos de queima é recirculado para ser aproveitado também nas etapas iniciais de secagem, que necessita de temperatura bem inferior. Destaca-se também que a energia do forno tem um aproveitamento eficiente, uma vez que, ao circular entre as dependências da fábrica, não se nota calor proveniente dos fornos, mesmo com as temperaturas muito elevadas que o forno atinge. Como resíduo do processo de queima, salienta-se a geração de cinzas, que pode ser incorporada ao processamento de alguns produtos, de modo a suprir a demanda de sílica, por exemplo.

As peças cerâmicas que apresentarem-se quebradas ou defeituosas são consideradas resíduo do processo. Nesta etapa, entretanto, não é possível a recuperação dos materiais residuais. Estes, não possuem um controle na geração, bem como também não apresentam um destino adequado definido. Alguns destes resíduos são utilizados para compactação de estradas, tanto em lavras como também em estradas do interior. A Figura 3 apresenta um panorama da situação na saída dos fornos.

Obteve-se uma média de produção diária de 37.245 Unidades Equivalentes do Tijolo 6 Furos Bonito, representando a massa total de 139,11 Toneladas. Por extrapolação definiu-se que a Unidade Funcional de 1.000 tijolos do tipo 6 Furos Bonito representam 3,75 toneladas, ou aproximadamente 3.750 Kg. Essa massa, todavia, representa o tijolo na forma pronta. Ou seja, a argila queimada e seca, com umidade relativamente baixa ou nula.

As perdas foram contabilizadas a partir do acompanhamento de saídas de alguns lotes de peças, verificando-se a proporção de peças defeituosas ou quebradas do total produzido em cada etapa. Entretanto, quando não houve a possibilidade de acompanhamento ou padronização das perdas nas visitas realizadas, utilizou-se valor padronizado pelos responsáveis da empresa, por fatores de porcentagem do total produzido. Assim, são necessários 4152,4 Kg de Argila (sem considerar a quantidade de umidade) para produzir 1000 Unidades de Tijolos 6 Furos Bonito, tendo uma perda produtiva de aproximadamente 11%.

Na etapa de extração e transporte, foi obtido que, para transporte de 250 toneladas de argila, seriam necessários 37,82 Litros de Diesel. Por extrapolação, concluiu-se que, através desta metodologia, são necessários 0,90 Litros de Combustível para 5,77 toneladas (quantidade necessária a fabricação de 1000 tijolos equivalentes). Para extração desta mesma quantidade de argila, o cálculo de extrapolação resultou em 0,31 Litros de Diesel. O consumo total de diesel é, portanto, de 1,21 Litros por 1000 unidades de tijolos equivalentes produzidos, para extração e transporte da argila.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A presente pesquisa contribui a apontar os pontos de maior destaque dentro da indústria cerâmica, visando melhorias ambientais. Destaca-se, por exemplo, que a etapa mais crítica do processo ocorre na queima do material, no forno, a altas temperaturas. Nesta, pode-se gerar resíduos com os quais não se tem um destino adequado atualmente, correspondente aos pedaços e quebras de peças cerâmicas. Sugere-se à empresa a utilização de procedimentos específicos para padronizar e mensurar de forma mais confiável as perdas produtivas, os resíduos gerados e a energia consumida.

Em relação a futuras pesquisas sugere-se o estudo de reaproveitamento dos resíduos de tijolos gerados no final do processo, de forma a proporcionar meios de adicioná-lo como carga ao material cerâmico. Além disso,

sugere-se a elaboração de metodologias práticas para a avaliação qualitativa e quantitativa de material particulado no ambiente da fábrica, contribuindo ao aprimoramento da Análise Ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Koroneos, Christopher; Dompros, Aris (2007). Environmental assessment of brick production in Greece. *Building and Environment*, Volume 42, Issue 5.
2. SOARES, S. R. Análise do ciclo de vida de produtos cerâmicos da indústria de construção civil. XXVIII Congresso Interamericano de Engenharia Ambiental e Sanitária (AIDIS). Cancún - México, 2002
3. HANSEN, A. P.; SEO, E. S.; KULAY, L. A. Identificação de oportunidades de melhoria de desempenho ambiental em processo de produção de materiais cerâmicos via aplicação da técnica de Avaliação de Ciclo de Vida (ACV). *Revista Produção Online* v. 10, n.4, dez. 2010. Abepro – Associação Brasileira de Engenharia de Produção.
4. PEREIRA, Sibeli Warmling. Análise Ambiental do processo produtivo de pisos cerâmicos – Aplicação de Avaliação do Ciclo de Vida. Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis – SC, 2004.
5. PEGORARO, L. A.; CORREA, S. R. C.; STADLER, J. P.; UGAYA, C. M. L. Metodologia para a coleta de dados da fase de uso de caminhões do transporte rodoviário de carga no Brasil para a utilização em ACVs. II Congresso Brasileiro de Gestão do Ciclo de Vida, Florianópolis 2010.
6. MOULIN, J. C. Avaliação energética da maravalha gerada em uma serraria no município de Jerônimo Monteiro/ES. 2010. 30 f. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira), Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.
7. LIMA, M. S.; Menezes, R. R.; Neves, G. de A.; Nascimento, J. W.B. do; Leal, A. F. Utilização do resíduo de caulim em blocos de vedação. *Revista Escola de Minas*, v.61, p.285-290, 2008.
8. DURÃO, V. L. Análise comparativa de sistemas centralizados e descentralizados de valorização de chorumes de suinoculturas, utilizando o software Umberto. Dissertação apresentada na Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Lisboa, Portugal, 2009.
9. GOMES, M. R. V. Contribuição para a gestão sustentável de resíduos sólidos na Região Centro. Dissertação apresentada a Universidade de Aveiro para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente. Aveiro, Portugal, 2008.
10. PRADO, M. R. Análise do inventário do Ciclo de Vida de embalagens de vidro, alumínio e PET utilizadas em uma indústria de refrigerantes no Brasil. Tese apresentada ao curso de pós-graduação em Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2007