



## **Análise, em Emergia, do Comportamento das Reservas de Argila, Gipsita e Calcário sob o Ponto de Vista do Déficit Populacional Brasileiro**

J. G. A. Carvalho <sup>a</sup>, S. H. Bonilla <sup>b</sup>

*a. Universidade Paulista, São Paulo, carvalhojga@uol.com.br*

*b. Universidade Paulista, São Paulo, bonilla@unip.br*

---

### **Resumo**

Este estudo aplica a contabilidade ambiental em emergia para avaliar o comportamento das reservas de argila, gipsita e calcário quando é prevista a construção de 4,468 milhões de habitações (déficit populacional urbano brasileiro).

Através de três alternativas construtivas (blocos de tijolo de barro, blocos de concreto e blocos de gesso) são avaliados os efeitos nas reservas de argila, gipsita e calcário. A alternativa com blocos de concreto é a que possui um menor impacto (investimento) em emergia nas três reservas estudadas.

**Palavras-chave:** *Emergia; contabilidade ambiental; construção, reservas minerais; déficit populacional.*

---

### **1 Introdução**

O déficit habitacional brasileiro, em 2008, ficou em torno de 5,572 milhões de novas moradias (Ministério das Cidades, 2010). Desse número, cerca de 83% corresponde à incidência da necessidade de habitações na área urbana. Os levantamentos mostram que aproximadamente 89,6% do total do déficit habitacional urbano correspondem a famílias com rendimento inferior a três salários mínimos. Políticas públicas do Governo Federal, como incentivo ao crédito imobiliário, o Programa Minha Casa Minha Vida (Governo Federal) e o PAC (Programa de Aceleração do Crescimento) têm como objetivo a diminuição destes níveis.

O setor de construção civil no Brasil contribui com 8% do total de pessoas empregadas e pelo consumo de argila, gipsita e calcário, respectivamente, com 65%, 96% e 67% da extração anual destes minerais (Anuário Mineral, 2006). No mundo, este setor responde, aproximadamente, pela utilização de 30 a 40% dos recursos naturais extraídos (Pulselli et al., 2007).

Neste estudo foi aplicada a Contabilidade Ambiental em emergia para analisar o comportamento das reservas de argila, gipsita e calcário, através de três diferentes métodos construtivos, quando projetada a execução de todas as habitações necessárias para não haver déficit populacional numa determinada faixa de renda.

## 2 Metodologia

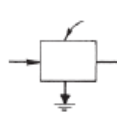


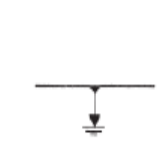
### 2.1 Fundamentos teóricos da métrica em energia

A análise em energia (Odum, 1996) (escrita com *m*) é utilizada nesse estudo como ferramenta para avaliar os três principais recursos utilizados na alvenaria da construção de uma casa e o comportamento das reservas destes recursos, já que por conceito, seu valor incorpora todos os recursos e serviços utilizados, direta ou indiretamente, na obtenção de um produto, processo ou serviço, incluindo os recursos do meio ambiente, economia e trabalho humano.

A ferramenta de contabilidade em energia permite a conversão de todas as contribuições recebidas pelo sistema produtivo (mão de obra, recursos naturais, informações, dinheiro) em uma base (unidade) única de medida: o joule de energia solar, representado por *sej*. Pode-se comparar os sistemas em estudo quanto à eficiência no uso dos recursos, produtividade, carga ambiental e sustentabilidade global.

A contabilidade em energia usa a energia solar incorporada (energia) como base de medida e compatibiliza todos os processos necessários para obtenção dos insumos, inclusive a energia obtida da natureza que outras metodologias não consideram. A transformidade define a quantidade de energia (*sej*) necessária para a obtenção de um joule de um produto, serviço ou processo, e sua unidade é *sej/J*. Quando os dados estão em unidades de massa (g), volume (m<sup>3</sup>) ou dinheiro (\$) usa-se o termo energia por unidade em vez de transformidade e as unidades/transformidades são *sej/g*, *sej/m<sup>3</sup>* ou *sej/\$*, respectivamente. A cada processo avaliado, as energias por unidade/transformidade anteriormente calculadas, retiradas da literatura, são utilizadas como um modo prático de determinação da energia (*sej*) dos produtos ou serviços.

Numa primeira etapa da análise em energia deve-se construir um diagrama com todos os fluxos de energia e de materiais que entram e saem do sistema. Define-se a fronteira do sistema e todas as fontes de energia e materiais que o alimentam. A metodologia utiliza símbolos próprios (vide quadro 1) para a representação dos diversos componentes do sistema em estudo. Neste trabalho são utilizados os seguintes símbolos abaixo:

	<p>O símbolo na forma de "caixa" tem uso múltiplo. Indica uma unidade ou função usada no sistema. A caixa pode ser preta (quando somente se conhecem os fluxos de entrada e saída), cinza (quando se conhecem os principais fluxos internos e os fluxos de entrada e de saída) e branca (quando se conhecem com detalhes todos os fluxos e suas interações).</p>
	<p>Este símbolo representa a formação de um estoque de energia como uma das saídas deste sistema.</p>
	<p>As setas representam os fluxos de energia, cuja vazão é proporcional ao volume do estoque ou à intensidade da fonte que o produz.</p>
	<p>O sumidouro de energia é representado por este símbolo. O sistema usa a energia potencial para produzir trabalho. O custo desta transformação é a degradação da energia, a qual abandona o sistema como energia de baixa qualidade. Todos os processos da biosfera dispersam energia.</p>

Quadro 1 – Símbolos utilizados na construção do diagrama de energia dos sistemas (Odum,1996)

A partir do diagrama, efetua-se a construção de uma tabela (após a realização de um inventário) com todas as entradas de energia e materiais do sistema. Nesta

etapa selecionam-se as energias por unidade e/ou transformidades para o cálculo da energia.

Na sequência os resultados são interpretados e alguns os indicadores podem ser calculados. Os indicadores são ferramentas utilizadas para simplificar informações, permitindo comparar resultados. Neste trabalho não é realizado o cálculos de indicadores.

No item 2.2, Coleta de Dados, é apresentada a forma como os dados são coletados e a forma como serão utilizados.

### *2.2 Coleta de Dados*

Para o estudo realizado, foram considerados os dados do relatório anual mineral brasileiro, onde se apresenta as reservas lavráveis nacionais para argila, gipsita e calcário e o consumo anual destes recursos por setor produtivo. No site do Ministério das Cidades (Ministérios das Cidades, acessado em 2010) é apresentado o déficit habitacional brasileiro para todos os estados e faixas de rendas.

Na avaliação do comportamento das reservas de Argila, Gipsita e Calcário foram utilizados os valores obtidos para três alternativas construtivas (Carvalho, 2010) de um padrão de casa, tipo R1-B (ABNT NBR 12721:2006), que atende a necessidade de famílias com renda até cinco salários mínimos.

As alternativas construtivas (Carvalho, 2010) são:

- a) Casa alternativa 1. Consideram-se as construções com fechamentos internos e externos em alvenarias e tijolos de barro com 8 furos (popularmente chamado de tijolo baiano).
- b) Casa alternativa 2. Consideram-se as construções com fechamentos internos e externos executados em alvenarias de bloco de concreto.
- c) Casa alternativa 3. Consideram-se as construções com fechamentos internos e externos executados com alvenarias de bloco de gesso.

### *2.3 Considerações feitas para estudo*

I. Considera-se que para o cimento, 75% da massa é composta por calcário, 20% por argila e 5% de gesso. Estas composições são muito variáveis, já que o principal composto do cimento é o clínquer e este é composto basicamente por calcário e argila.

II. As massas dos materiais utilizados são as mesmas das matérias primas extraídas.

III. São utilizadas as reservas lavráveis (FUNDESPA, acessado em 2010) e o consumo bruto dos materiais.

IV. As energias específicas adotadas para as reservas de calcário, argila e gipsita são iguais às adotadas para os materiais cimento, argila e gesso.

### 3 Resultados e Discussão

#### 3.1 Diagrama de energia dos sistemas

O diagrama que representa o estoque das reservas dos minerais e o consumo dos mesmos, através das três diferentes formas construtivas, é mostrado na Fig.1. A janela de estudo deste trabalho limita-se ao comportamento dos estoques de reservas minerais de Argila, Calcário e Gipsita.

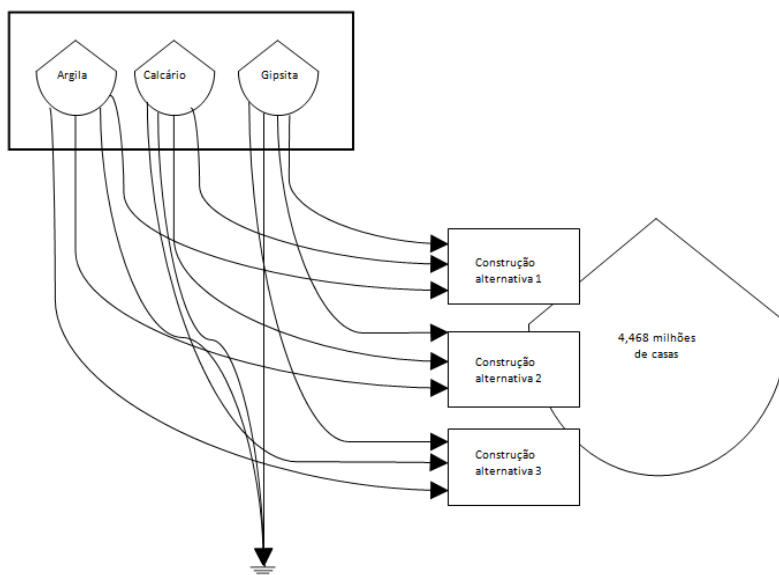


Fig. 1 – Diagrama de energia dos sistemas para o comportamento das reservas de argila, calcário e gipsita.

Pelo diagrama da Fig.1 é possível notar que as alternativas construtivas são apresentadas como sistemas independentes e que o produto destes sistemas, quando somado, é o estoque de casas construídas (neste caso o estoque será igual à necessidade para se suprir o déficit populacional).

#### 3.2 Contabilidade em energia das reservas

A tabela 1, a seguir, apresenta os quantitativos em energia para os estoques (reservas lavráveis) de argila, gipsita e calcário disponíveis no Brasil.

Tabela 1 – Energia total das reservas de Argila, Calcário e Gipsita

Recursos	Massa dos estoques (reservas) (kg) <sup>(1)</sup>	Energia Específica (sej/kg) <sup>(2)</sup>	Energia total em estoque (sej) <sup>(3)</sup>
Argila	3,79E+12	4,80E+12	1,82E+25
Calcário	4,35E+13	3,04E+12	1,32E+26
Gipsita	6,57E+11	3,29E+12	2,16E+24

(1) Massa das reservas lavráveis do ano 2006 (Anuário Mineral, 2006). (2) Energia específica da literatura (Pulselli et al., 2007; Pulselli et al., 2008). (3) Energia total em estoque = Massa dos estoques x Energia específica.

O déficit populacional brasileiro concentra-se principalmente nas moradias destinadas às faixas de renda inferiores a cinco salários mínimos. O modelo

proposto pela NBR 12721, padrão R1B, atende a necessidade desta faixa de renda. Desta forma, considerando:

- (a) o déficit habitacional;
- (b) a concentração deste déficit em áreas urbanas;
- (c) a faixa de renda atendida pela tipologia R1B

Tem-se:

Número de casas consideradas para estudo = Déficit populacional x porcentagem de concentração em áreas urbanas x (porcentagem na faixa de renda de até três salários mínimos + porcentagem na faixa de renda de três a cinco salários mínimos) = 5,572 milhões x 83% x (89,6% + 7,0%) = 4,468 milhões de casas.

A tabela 2 apresenta os valores em energia considerando a construção de 4,468 milhões de moradias, para as três alternativas construtivas propostas.

Tabela 2 – Energia para a construção de 4,468 milhões de casas em cada uma das alternativas construtivas.

Recursos	Energia Específica (sej/kg) <sup>(1)</sup>	Massa Unitária Alternativa 1 (kg) <sup>(2)</sup>	Massa Total Alternativa 1 (kg) <sup>(3)</sup>	Energia total para Alternativa 1 (sej) <sup>(4)</sup>	Massa Unitária Alternativa 2 (kg) <sup>(5)</sup>	Massa Total Alternativa 2 (kg) <sup>(6)</sup>	Energia total para Alternativa 2 (sej) <sup>(7)</sup>	Massa Unitária Alternativa 3 (kg) <sup>(8)</sup>	Massa Total Alternativa 3 (kg) <sup>(9)</sup>	Energia total para Alternativa 3 (sej) <sup>(10)</sup>
Argila	4,80E+12	1,07E+04	4,78E+10	2,29E+23	1,98E+03	8,85E+09	4,25E+22	9,28E+02	4,15E+09	1,99E+22
Calcário	3,04E+12	6,32E+03	2,82E+10	8,58E+22	7,43E+03	3,32E+10	1,01E+23	4,64E+03	2,07E+10	6,30E+22
Gipsita	3,29E+12	5,14E+02	2,30E+09	7,56E+21	5,88E+02	2,63E+09	8,64E+21	1,21E+04	5,41E+10	1,78E+23

(1) Energia específica da literatura (Pulselli et al., 2007; Pulselli et al., 2008). (2) Massa unitária (construção de uma casa) considerando a alternativa 1 (blocos de tijolo baiano). (3), (6), (9) Massa total = massa unitária x 4,468 milhões de casas. (4), (7), (10) Energia total para alternativa = Massa total da alternativa x Energia específica. (5) Massa unitária (construção de uma casa) considerando a alternativa 2 (blocos de concreto). (8) Massa unitária (construção de uma casa) considerando a alternativa 3 (blocos de gesso).

Com base nas tabelas 01 e 02, apresenta-se a tabela 3, que demonstra, em energia, o comportamento das reservas após a utilização destes recursos para a construção de casas.

Tabela 3 – Energia das reservas de argila, calcário e gipsita após a construção de 4,468 milhões de casas.

Recursos	Energia Total da reserva (sej) <sup>(1)</sup>	Energia total para Alternativa 1 (sej) <sup>(2)</sup>	Energia da reserva pós Alternativa 1 (sej) <sup>(3)</sup>	Energia total para Alternativa 2 (sej) <sup>(4)</sup>	Energia da reserva pós Alternativa 2 (sej) <sup>(5)</sup>	Energia total para Alternativa 3 (sej) <sup>(6)</sup>	Energia da reserva pós Alternativa 3 (sej) <sup>(7)</sup>
Argila	1,82E+25	2,29E+23	1,80E+25	4,25E+22	1,81E+25	1,99E+22	1,82E+25
Calcário	1,32E+26	8,58E+22	1,32E+26	1,01E+23	1,32E+26	6,30E+22	1,32E+26
Gipsita	2,16E+24	7,56E+21	2,15E+24	8,64E+21	2,15E+24	1,78E+23	1,98E+24

(1) Energia da reserva (retirado da coluna 4 da tabela 01). (2) Energia total para a alternativa 1, retirado da coluna 5 da tabela 02. (3) Energia da reserva após a alternativa 1 = Energia total da reserva (coluna 2) – Energia total para Alternativa 1 (coluna 3). (4) Energia total para a alternativa 2, retirado da coluna 8 da tabela 02. (5) Energia da reserva após a alternativa 2 = Energia total da reserva (coluna 2) – Energia total para Alternativa 2 (coluna 5). (6) Energia total para a alternativa 3, retirado da coluna 11 da tabela 02. (7) Energia da reserva após a alternativa 3 = Energia total da reserva (coluna 2) – Energia total para Alternativa 3 (coluna 7).

Percebe-se que pela tabela 3, os impactos causados pelas construções é pequeno em relação às jazidas existentes. A maior variação encontrada é a da reserva de Gipsita, quando a alternativa construtiva adotada é a "3", que se reduz para 92% do valor inicial. Porém, tendo em vista que estes três recursos não são renováveis, o menor consumo em energia total pode ser um dos parâmetros para se escolher a alternativa menos prejudicial. Desta forma, apura-se qual alternativa possui uma menor quantidade de investimento para obtenção de um mesmo produto, a construção de 4,468 milhões de casas.

A energia total para a alternativa 1 é de  $3,23 \times 10^{23}$  sej. Para a alternativa 2 o total em energia foi de  $1,52 \times 10^{23}$  sej. Já a alternativa 3 possui um investimento em energia de  $2,61 \times 10^{23}$  sej. Por estes valores é possível afirmar que a construção de 4,468 milhões de casas, através da alternativa 2, considerando o efeito nas reservas de argila, calcário e gipsita é a melhor opção. Em seguida vem a alternativa 3 e, por último, a alternativa 1.

A Fig.2 apresenta o gráfico em porcentagem de energia da utilização das reservas para as diferentes alternativas construtivas.

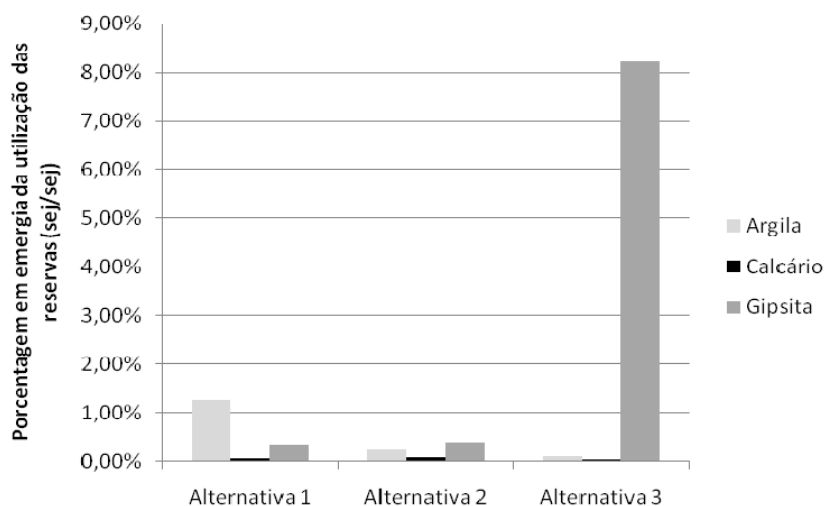


Fig.2 – Gráfico da porcentagem em energia da utilização das reservas conforme alternativa construtiva. Representação das reservas de Argila, Calcário e Gipsita.

Pela Fig.2 nota-se que a alternativa 2 é a que divide em porcentagens mais próximas o consumo das reservas de argila, calcário e gipsita, com respectivamente 0,23%, 0,08% e 0,40%. Isto corresponde à porcentagem da reserva que deverá ser utilizada para a construção destas 4,468 milhões de casas.

A reserva de calcário é a que menos sofre com a construção das casas, independente da alternativa escolhida. Já as reservas de argila e gesso são mais representativas conforme a alternativa construtiva escolhida, sendo a argila o principal recurso investido nas casas da alternativa 1 e a gipsita na alternativa 3.

Socialmente a necessidade de se construir e suprir o déficit populacional obriga-nos a consumir tais recursos não renováveis.

## 5 Expandindo a Discussão

Uma das formas de minimizarmos o necessário consumo das reservas, para que haja as construções, pode ser avaliado sob outros aspectos.

O primeiro aqui abordado é a proximidade da região fornecedora dos recursos (calcário, argila e gipsita) e a região onde existe o déficit populacional. Um exemplo é a cidade de São Paulo. O déficit populacional da região metropolitana de São Paulo é de aproximadamente 511 mil domicílios. Isto corresponde a 11% do déficit total apresentado no início deste estudo. O estado de São Paulo possui aproximadamente 30% das reservas de Argila, sendo no Brasil, o estado com maior potencial de utilização deste recurso. A utilização das casas alternativa 1 neste estado pode ser um diferencial na escolha do método construtivo.

Outro exemplo são as reservas de calcário nos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Paraná, cujo déficit populacional é em torno de 832 mil domicílios, algo próximo de 15% do total brasileiro.

Analisando-se as reservas de gipsita e o déficit populacional dos estados da Bahia, Pará e Pernambuco, tem-se um déficit de domicílios na ordem de 1,050 milhões, próximo de 19% do déficit brasileiro, e uma reserva de Gipsita de aproximadamente 95% do total brasileiro. Dessa forma, a construção de casas com blocos de gesso nestes estados pode se tornar viável.

Uma segunda linha de estudos pode trabalhar a relação déficit populacional com domicílios vagos. Pelo Ministério das Cidades, há 7,202 milhões de domicílios vagos em condições de habitação ou em construção, sendo que destes 5,234 milhões estão em áreas urbanas. Faltam, no entanto, dados que apresentem a localização, a situação das propriedades e o padrão das mesmas. Um estudo aprofundado nesse tema pode direcionar pesquisas da construção civil focadas em soluções para os déficits habitacionais em áreas ligadas a reformas e revitalizações e não para novas construções.

## 6 Considerações Finais

A contabilidade em emergia foi aplicada às reservas de argila, gipsita e calcário para analisar o comportamento das mesmas quando 4,468 milhões de casas são construídas.

As propostas de construção passam por três alternativas diferentes, sendo uma com alvenaria de blocos de tijolo de barro, outra com blocos de concreto e outra com blocos de gesso.

A alternativa que apresentou um menor consumo total em emergia (soma da argila, da gipsita e do calcário para toda a construção) foi a alternativa em alvenarias de concreto (alternativa 2). Esta alternativa também é a mais indicada quando se analisa a igualdade na depreciação média destas reservas.

Análises quanto às formas de se solucionar o problema do déficit habitacional podem ser ampliadas, sendo possível a inclusão de itens como reutilização e edificações existentes e desabitadas ou a proximidade das reservas e os locais onde as habitações necessitam ser construídas.

Políticas públicas de incentivo, como as desenvolvidas pelo Brasil atualmente (PAC e Minha Casa Minha Vida) devem levar em consideração os impactos ambientais provenientes das suas ações. A contabilidade em emergia pode fornecer dados que auxiliem nessa tomada de decisão.

## 7 Referências Bibliográficas

ABNT NBR 12721:2006. Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios e edifícios – Procedimento. Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2007.

Anuário Mineral Brasileiro 2006. Elaborado pelo DNPM (Departamento Nacional de Produção Mineral), Ministério de Minas e Energia.

CARVALHO, J.G.A. Avaliação de uma construção utilizando a contabilidade ambiental em emergia. Dissertação – Universidade Paulista, Brasil, 2010.

FUNDESPA – Relatório de situação dos Recursos Hídricos da UGRHI 11, elaborado pela FUNDESPA (Fundação de Estudos e Pesquisas Aquáticas), acessado pelo site [www.fundespa.com.br](http://www.fundespa.com.br) em outubro de 2010.

Ministério das Cidades – Relatório do Déficit Habitacional 2008, publicado em 23 de junho de 2010.

ODUM, H.T. Environmental Accounting: energy and Environmental Decision Making. New York: John Willey & sons, INC, EUA, 1996.

PULSELLI, R. M.; SIMONCINI, E.; PULSELLI, F.M.; BASTIANONI, S. Energy analysis of building manufacturing, maintenance and use: Em-building indices to evaluate housing sustainability. Energy and Buildings, 39. p. 620-628, 2007.

PULSELLI, R. M.; SIMONCINI, E.; MARCHETTINI, N. Energy and energy based cost-benefit evaluation of building envelopes relative to geographical location and climate. Building and Environment. P. 1-9, 2008.

PULSELLI, R. M.; SIMONCINI, E.; RIDOLFI, R.; BASTIANONI, S. Specific energy of cement and concrete: An energy-based appraisal of building materials and their transport. Ecological Indicators. 8 p. 647-656, 2008.