

Avaliação comparativa do índice de sustentabilidade da cerâmica e das rochas ornamentais através da ferramenta ISMAS

BISSOLI-DALVI, Márcia¹(marciabissoli@gmail.com); COSTA, Lucas Martinez da¹(lucasmartinezlmc@gmail.com); ALVAREZ, Cristina Engel de¹(cristina.engel@ufes.br); GOBBI, Mirna Elias¹(mirna.gobbi@gmail.com)

¹Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Brasil

RESUMO

O crescente consumo de matérias primas, o aumento populacional e a demanda por novas construções têm ocasionado a exploração dos recursos naturais em quantidades que, muitas vezes, vão além de suas capacidades de regeneração, cuja consequência ainda deve ser somada aos eventuais fatores de degradação do ambiente onde foram extraídos. Nesse sentido, a indústria da construção civil – grande geradora de impactos ambientais – tem investido na busca de estratégias alicerçadas no conceito de sustentabilidade, principalmente no setor relacionado aos materiais, cujas medidas mais conhecidas são aquelas voltadas à economia de matérias primas e o controle na geração e gestão de resíduos. Neste contexto, emergem tecnologias e instrumentos que auxiliam a seleção e a avaliação de materiais, propostos como facilitadores no processo projetual. Sendo assim, esta pesquisa teve por objetivo classificar, comparar e analisar o nível de sustentabilidade dos materiais das categorias “revestimento cerâmico” e “rochas ornamentais” em suas funções como revestimento de piso. A metodologia foi baseada inicialmente em uma revisão bibliográfica, tendo como etapa posterior a seleção da ferramenta mais adequada de acordo com parâmetros previamente definidos, tais como simplicidade de uso e adaptação a realidade local, para a seguinte seleção do ISMAS como instrumento de análise. Como resultado final, o revestimento cerâmico obteve um índice de sustentabilidade médio, enquanto as rochas ornamentais obtiveram um índice alto. O teste pôde identificar que, a partir dos parâmetros adotados pelo ISMAS, ambos os materiais, apesar da pequena diferença, possuem características semelhantes que os tornam promissores no contexto da sustentabilidade. Como resultados adicionais, são apresentadas possíveis medidas para a melhoria do índice de sustentabilidade final para cada material.

Palavras-chave: ferramentas de avaliação; ISMAS; seleção de material; sustentabilidade; revestimento de pisos.

Comparative Assessment of sustainability index of ceramic and ornamental rocks through the ISMAS tool

ABSTRACT

The increasing consumption of raw materials, the population growth and the demands for new constructions have caused the exploration of natural resources in quantities that, often, goes beyond the regeneration capabilities, whose consequences must still be added to possible factors of environment degradation where they were extracted. In this sense, the industry of civil construction – great generator of environmental impacts – has been investing in strategies based in sustainable concepts, mainly related to materials sector, which the most notorious measures are directed to economy of raw materials and the control of generation and waste management. In this context,

Realização



Escola Politécnica
PPG Engenharia Civil

Promoção



GT Desenvolvimento
Sustentável

emerging technologies and instruments that assist the materials selection and evaluation, proposed as a facilitator on the design processes. Therefore, the objective of this research is classify, compare and analyze the sustainability level of “ceramic tile” and “ornamental rocks” and their functions as floor covering. The methodology initially was based on a literature review, having as a further step the selection of the most appropriate tool according to the parameters previously defined, such as simplified use and adaptation for the local reality, selecting later the ISMAS as an analytical tool. As final result, the ceramic tile had a medium sustainability index, while the ornamental rocks had an elevated index. The test can identify, from parameters adopted from ISMAS, that both materials, although there is a little difference, have similar characteristics, which make them promising in the sustainability context. As additional results, were presented possible measures for the improvement of the sustainability indexes for each material.

Keywords: assessment tools; ISMAS; materials selection; sustainability; floor covering.

1. INTRODUÇÃO

O ritmo da atual produção industrial juntamente com o crescente aumento populacional – com previsão de um aumento de 32% até 2050 –, além da mudança nos padrões sociais e de consumo da população vem ocasionando a exploração e a degradação dos recursos naturais de forma preocupante, acarretando ainda na emissão de poluentes e na geração de resíduos que podem ser irreparavelmente danosos aos ecossistemas (CELLURA; LONGO; MISTRETTA, 2011). Wiedmann et al. (2015) relatam a quantidade total mundial de 70 bilhões de toneladas de matérias-primas extraídas por indústrias de materiais de construção e um consumo *per capita* de materiais em um nível jamais registrado na história. Há uma previsão do aumento destes números, fazendo com que sejam adotadas, urgentemente, políticas e programas voltados para a sua efetiva redução. Neste contexto, a relação entre o conceito de desenvolvimento sustentável e a indústria da construção civil vem se tornando cada vez mais próxima considerando sua indiscutível representatividade no setor econômico e social, porém, gerando significativos impactos ambientais (SEV, 2009).

No Brasil, o desafio da sustentabilidade assumiu, há alguns anos uma importância significativa na agenda da indústria da construção civil (DESENVOLVIMENTO..., 2011), principalmente após a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente, em Estocolmo, em 1972. A Lei nº 6.938 (BRASIL, 1981), em seu artigo 2º, incisos I e V, indica um direcionamento em relação à manutenção do meio ambiente e o controle das atividades poluidoras. Destaca-se também, a constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988) que complementa em seu artigo 170, inciso VI, e também no artigo 225, conteúdos relacionados à defesa do ambiente; controle de impactos; preservação de recursos, entre outros fatores que conduzem a um desenvolvimento mais sustentável. De fundamental importância no âmbito nacional foi a realização da denominada Eco-92 (CONFERÊNCIA..., 1995), cujos resultados culminaram na posterior realização das “Agendas 21” com metas definidas pelos países participantes (AGENDA 21..., 2004) que, por sua vez, incentivaram a formulação de agendas locais (PLANO..., 2006; AGENDA..., 2008). Soma-se também o Programa de Construção Sustentável, lançado pela Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC), que incentiva, tanto para obras públicas como para privadas, a aquisição de materiais com melhor desempenho ambiental (DESENVOLVIMENTO..., 2011). Um recente evento realizado no Rio de Janeiro, a Conferência Rio + 20 (CONFERÊNCIA..., 2012), colocou novamente o Brasil em um patamar global em relação a questões inerentes a sustentabilidade. Atualmente, diversas iniciativas vêm se desenvolvendo, sendo um exemplo recente a aprovação da NBR 15.575, conhecida como norma de desempenho (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) que preza pela

durabilidade e manutenibilidade dos materiais, estimulando a redução do desperdício e da geração de resíduos.

Apesar de um novo cenário em desenvolvimento na construção civil brasileira, alguns dados geram preocupação. Segundo o Balanço Energético Nacional, do Ministério de Minas e Energia, realizado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), 58,8% da energia consumida no Brasil é proveniente de fontes não renováveis. Dentre as atividades que utilizam uma parcela significativa dessa energia, destacam-se o setor industrial (32,5%) e o de transportes (32,2%), que juntos são responsáveis por 64,7% de todo o consumo energético do Brasil (BRASIL, 2016). Seis das dez atividades industriais com maior consumo energético no país estão relacionadas com a indústria da construção civil por meio de materiais chamados energo-intensivos (tabela 1): cimento, metais não ferrosos, cerâmica, aço, química e mineração (TAVARES; MONICH, 2010).

Tabela 1. Consumo energético das indústrias dos materiais energo-intensivos

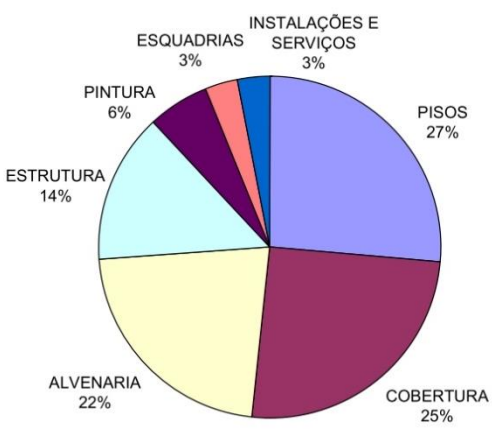
Indústria	Consumo (10 ³ toe)	%	Principal fonte
Ferro-gusa e aço	16.524	6,3	Coque de carvão mineral
Química	6.706	2,6	Gás natural
Não ferrosos e outros da metalurgia	5.646	2,2	Eletricidade
Cimento	4.750	1,8	Coque de petróleo
Cerâmica	4.614	1,8	Lenha
Mineração e pelotização	3.346	1,3	Eletricidade

Fonte: Adaptado de Brasil (2016).

Nos últimos anos vem sendo desenvolvidos estudos sobre o impacto dos materiais no meio ambiente, a exemplo da metodologia que adota a energia embutida como unidade de análise. Ampliando essa discussão, Tavares e Lamberts (2006), analisando a energia embutida e os impactos ambientais causados em uma edificação residencial brasileira, revelam que boa parcela do gasto energético provém dos revestimentos de piso (tabela 2), justificando esta pesquisa.

Tabela 2. Energia embutida por partes da edificação

Partes da edificação	Participação GJ/m ²
TOTAL GJ	3,94
Pisos	1,06
Cobertura	0,99
Alvenaria	0,86
Estrutura	0,59
Pintura	0,22
Esquadrias	0,11
Instal. e Serviços	0,11



Fonte: Tavares; Lamberts (2006, p. 3859).

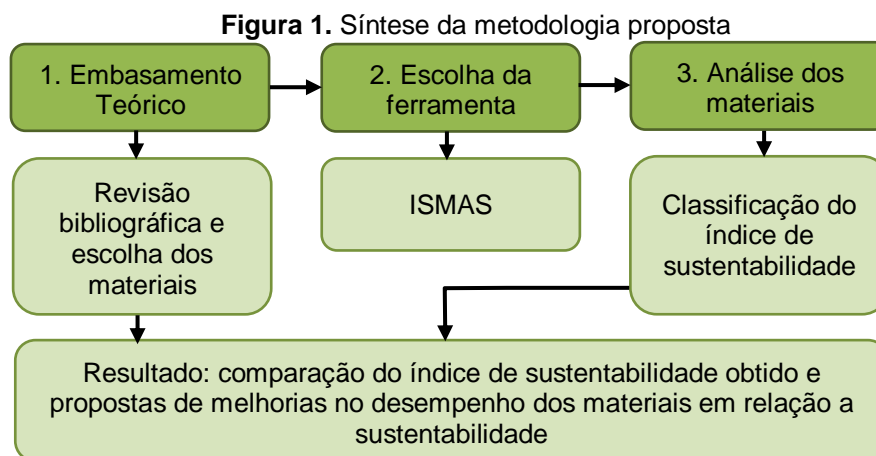
Diante deste contexto, destaca-se a carência de mecanismos que possam auxiliar o projetista na seleção de materiais sustentáveis. Boa parte das ferramentas de avaliação existentes são adaptáveis à região para a qual foi desenvolvida, pois levam em consideração fatores como clima, aspectos ambientais e viabilidade de mercado (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2001). Contudo, algumas são utilizadas em locais diferentes daqueles em que foram criados, sem a devida modificação ou adaptação. Nesses casos, a seleção pode afetar positiva ou negativamente o desempenho das edificações e uma seleção inadequada pode gerar resultados com baixa qualidade ou o não cumprimento com requisitos mínimos estabelecidos por norma (KARADE; CHAKRABORTY, 2012). Além disso, a quantidade de critérios a serem avaliados em algumas ferramentas criam barreiras para serem utilizadas na prática projetual, somando-se também a carência de dados para o uso efetivo em algumas delas. Neste contexto são exemplos alguns instrumentos que dão suporte a escolha de materiais, como SimaPro (SIMAPRO, acesso em 6 mar. 2017), BEES (LIPPIATT; GREIG; LAVAPPA, 2009) entre outros. Diante disso, foi desenvolvido o ISMAS – Instrumento de Seleção de Materiais mais Sustentáveis (BISSOLI-DALVI 2014), que oferece a possibilidade de avaliação dos materiais construtivos a partir de critérios simplificados, voltados especialmente para o uso por projetistas para edificações no contexto da realidade da Região Metropolitana de Vitória (ES-Brasil). Por considerar os dados efetivamente disponíveis para a análise e por ter sido desenvolvido para a realidade de uma parcela territorial do Estado do Espírito Santo, o ISMAS foi a ferramenta de análise escolhida para esta pesquisa.

2. OBJETIVO

Este trabalho busca classificar, comparar e avaliar o índice de sustentabilidade de dois materiais comumente utilizados na aplicação de pisos na construção civil brasileira – o revestimento cerâmico e as rochas ornamentais – utilizando o ISMAS como ferramenta de análise de forma a apresentar a *posteriori* medidas que podem auxiliar na ampliação do desempenho dos mesmos no que diz respeito à sustentabilidade.

3. MÉTODO DE PESQUISA

Os procedimentos metodológicos se dividiram em três etapas, conforme apresentado na figura 1.



Na primeira etapa, para obter um panorama dos aspectos inerentes ao conceito de sustentabilidade em relação aos materiais mais utilizados como revestimento de piso na construção civil brasileira buscou-se, através de uma revisão bibliográfica, dados que fundamentassem a escolha dos materiais. Neste contexto, de acordo com BNDES (2013) o Brasil é o segundo maior consumidor de revestimentos cerâmicos, com aproximadamente 7,4% de toda a produção mundial. Segundo dados de Prado e Bressiani (2012), o total da produção de revestimentos cerâmicos entre o período de 2001 e 2010, foi de cerca de 69% destinada aos pisos. Já as rochas ornamentais, como afirma Sardou-Filho et al. (2013), constituem um dos principais materiais utilizados como revestimento de piso, tendo em vista que o Espírito Santo possui o maior parque de rochas ornamentais do país e que cerca de 80% dessa produção é voltada para revestimentos, destacando-se que destes, 60% é utilizada em pisos.

Em paralelo à definição dos materiais, foi previamente selecionado o ISMAS como a ferramenta a ser utilizada para a avaliação do nível de sustentabilidade dos materiais, cuja escolha foi confirmada em função de dois fatores determinantes: 1) capacidade de analisar os materiais de acordo com as realidades locais; 2) apresentar características que proporcionam facilidade e rapidez no uso. Vale destacar que a ferramenta, em sua versão original, continha 7 critérios. Como já previsto por Bissoli-Dalvi (2014), identificou-se a necessidade de aprimoramento que ampliasse os elementos considerados na análise, sendo então adicionados 4 novos critérios (BISSOLI-DALVI et al. 2016). Desta forma foi realizada a classificação do índice de sustentabilidade. O desempenho final é calculado utilizando-se uma média ponderada, na qual o nível alcançado em cada critério é multiplicado por seu respectivo peso. O resultado é dado numa escala que varia entre -1 e 1, sendo que quanto maior o valor numérico, maior o nível de sustentabilidade atingido pelo material (BOSSILI-DALVI, 2014). Por fim, foram feitas recomendações para que esses materiais possam melhorar seu desempenho em alguns aspectos específicos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a realização dos testes, ambos os materiais foram utilizados com determinadas especificações. O “revestimento cerâmico” adotado foi o modelo “branco clássico”, com resistência a agentes químicos, possuindo processos de produção tradicionais produzido por uma empresa localizada no município de Serra/ES, a aproximadamente 25Km de Vitória. Em relação as “rochas ornamentais”, foi escolhido para o teste o granito “Amarelo ouro Brasil” com acabamento polido, sendo beneficiado por uma empresa localizada em Cachoeiro de Itapemirim/ES, a cerca 140Km de Vitória. A tabela 3 apresenta a síntese das avaliações realizadas através do ISMAS.

Tabela 3. Avaliação do índice de sustentabilidade da cerâmica e rochas ornamentais, observando-se que os critérios 8, 9, 10 e 11 foram acrescentados à versão original da ferramenta ISMAS (continua)

Critério	Peso	Nível	Marcas de referência (possíveis respostas)	(continua)	
				Cerâmica	Rochas
1. É possível ser reaproveitado e adaptado para diferentes usos	1	-1	O material não pode ser reaproveitado e adaptado a diferentes usos	0	0
		0	O material pode ser reaproveitado e adaptado para diferentes usos, contudo requer processamento industrial		
		1	É possível ser reaproveitado com mínimo processamento		

Tabela 3. Avaliação do índice de sustentabilidade da cerâmica e rochas ornamentais, observando-se que os critérios 8, 9, 10 e 11 foram acrescentados à versão original da ferramenta ISMAS

(continuação)

Critério	Peso	Nível	Marcas de referência (possíveis respostas)	Cerâmica	Rochas
2. É renovável	4	-1	Os elementos que constituem o material e são de fonte renovável ou abundantes estão presentes em quantidades mínimas	0	1
		0	Aproximadamente a metade dos elementos que compõem o material são de fonte renovável ou matérias primas abundantes		
		1	Todo o material é de fonte renovável ou constituído por matérias primas abundantes		
3. Dispensa materiais adicionais para acabamento	0,5	-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0	1	0
		0	Necessita de materiais de acabamento superficial, contudo este é considerado apenas um material de proteção		
		1	Não necessita de materiais adicionais para acabamento superficial		
4. Possui elementos reciclados	4	-1	Não possui elementos reciclados em sua composição	-1	-1
		0	Possui elementos reciclados em sua composição oriundos do mesmo material		
		1	Possui elementos reciclados em sua composição oriundos de outros materiais		
5. A durabilidade independe de manutenção e ocasiona baixo impacto	1	-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0	1	0
		0	Possui vida útil de projeto (VUP) mínima estabelecida pela NBR 15575, e exige manutenções periódicas com o uso de novos materiais		
		1	Possui VUP mínima estabelecida pela NBR 15575, e a manutenção ocorre somente com limpeza		
6. Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento	1	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 0	0	0
		0	É possível ser separado dos demais materiais construtivos, contudo podem ocorrer perdas do material, pois utiliza ligantes, colas ou aglomerantes		
		1	É possível ser facilmente separado dos demais materiais por usar encaixes mecânicos como amarrações, parafusos, etc.		
7. Favorece a baixa geração de resíduos	1	-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0	-1	-1
		0	O material favorece mínima geração de resíduos na etapa de construção		
		1	Atende aos requisitos do nível 0, incluindo as etapas de uso/operação e desmonte		

Tabela 2. Avaliação do índice de sustentabilidade da cerâmica e rochas ornamentais, observando-se que os critérios 8, 9, 10 e 11 foram acrescentados à versão original da ferramenta ISMAS

(conclusão)

Critério	Peso	Nível	Marcas de referência (possíveis respostas)		
				Cerâmica	Rochas
8. Utiliza o mínimo possível de água	2	-1	Utiliza água no processo de industrialização e não é passível de ser reaproveitada	0	0
		0	Utiliza água no processo de industrialização, porém a mesma pode ser reaproveitada		
		1	Não utiliza água no processo de industrialização		
9. A procedência do material está próximo à obra	4	-1	O material é produzido a uma distância maior que 550 km do local de uso	1	1
		0	O material é produzido a uma distância entre 300 e 550 km do local de uso		
		1	O material é produzido a uma distância de no máximo a 300 km do local de uso		
10. Utiliza o mínimo possível de energia para a produção	4	-1	Possuir energia embutida maior do que 30 Mj/Kg	0	1
		0	Possuir energia embutida entre 3 e 30 Mj/Kg		
		1	Possuir energia embutida menor do que 3 Mj/Kg		
11. Regularidade das empresas junto ao Governo Federal	1	-1	A empresa não possui CNPJ*	1	1
		0	A empresa possui CNPJ* e possui débito relativos a tributos federais e à dívida ativa da União**		
		1	A empresa possui CNPJ* e não possui débito relativo a tributos federais e à dívida ativa da União**		
Resultado numérico:				0,06	0,34
Índice de sustentabilidade:				médio	alto

* Consultar CNPJ: <<http://www.cnpjbrasil.com/>>

**Consultar a Certidão de Débitos Relativos a Créditos Tributários Federal e à Dívida Ativa da União: <<http://www.receita.fazenda.gov.br/Aplicacoes/ATSP/Certidao/CndConjuntaInter/InformaNICertidao.asp?ti po=1>>

Fonte: Adaptado de Bissoli-Dalvi (2014).

No critério 1 (É possível ser reaproveitado e adaptado para diferentes usos), ambos os materiais obtiveram a pontuação 0, devido a capacidade de reaproveitamento ser possível somente através do processamento industrial. Uma alternativa para que os materiais possam ser reaproveitados é a adoção de técnicas que favoreçam o encaixe, como por exemplo, o sistema “clic” de assentamento para porcelanato, que além de permitirem o reuso não necessitam de argamassa em sua aplicação (CEUSA, acesso em 10 dez. 2016).

No critério 2 (É renovável), as rochas ornamentais possuem uma melhor pontuação, pois são extraídas de jazidas abundantes, sendo que as cerâmicas são compostas, em sua maioria, por

matérias-primas renováveis, como a argila utilizada para fazer a base ou biscoito do revestimento. Devido a adição de materiais como esmaltes e corantes, que conferem melhor estética e textura ao produto, a classificação quanto a sustentabilidade é inferior à das rochas, pois além de não serem de fontes renováveis, passam por vários processos industriais para alcançar a qualidade final.

Em relação ao critério 3 (Dispensa materiais adicionais para acabamento), as rochas ornamentais atingem um nível médio, pois necessitam de resinas epoxídicas, devido à sensibilidade a alguns elementos químicos, cujas consequências vão de manchas à possíveis reações que podem danificar o material.

No critério 4 (Possui elementos reciclados), ambos os materiais não possuem elementos reciclados. O desempenho dos mesmos podem ser melhorados, por exemplo com a adição de chamote, no caso das cerâmicas ou de resíduos de mármore e granito no caso da produção de pedras industrializadas.

Para o critério 5 (A durabilidade independe de manutenção e ocasiona baixo impacto), as rochas ornamentais podem alcançar um melhor nível se aplicadas resinas na superfície externa, ampliando a vida útil do material e reduzindo as ações de manutenção. Em relação ao critério 6 (Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento), ambos os materiais podem melhorar seu desempenho utilizando técnicas específicas, conforme exemplo já citadas no critério 1. Observa-se que a adoção dessas técnicas também favorece o critério 6 (Favorece a baixa geração de resíduos), considerando que, no Brasil, a remoção desse tipo de material em obras é normalmente realizada de forma a não favorecer o seu reuso.

Para o critério 8 (Utiliza o mínimo possível de água), algumas empresas de revestimento cerâmico já conseguem reaproveitar, em grande parte, a água utilizada no processo de fabricação. O mesmo ocorre com as de rochas ornamentais, em que no procedimento de corte dos blocos, a água já contaminada pela granalha – material particulado que auxilia o corte –, é passível de reutilização se tratada, sendo exequível também a reutilização da água consumida no processo de polimento das placas melhorando assim o seu nível de sustentabilidade.

No critério 9 (A procedência do material está próximo à obra), os materiais pontuaram positivamente, pois como a cerâmica considerada neste estudo é proveniente do Município de Serra, e as rochas de Cachoeiro de Itapemirim, ambos possuem procedência a menos de 300km da capital Vitória.

No critério 10 (Utiliza o mínimo possível de energia para produção), foi utilizada como base a tabela de energia embutida para materiais de construção brasileiros desenvolvida por Tavares e Graf (2010), na qual foram atribuídos pesos em que o revestimento cerâmico alcança um nível médio e as rochas ornamentais nível baixo de consumo.

Por fim, no critério 11 (Regularidade das empresas junto ao Governo Federal) as empresas hipoteticamente consultadas possuem os parâmetros exigidos.

5. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos na análise do índice de sustentabilidade dos materiais realizado através da ferramenta ISMAS mostram que, apesar do índice obtido ser médio para a cerâmica e alto para as rochas, os mesmos, apesar da pequena diferença, possuem características semelhantes que, se aplicados com técnicas adequadas, alcançarão resultados mais promissores em relação a sustentabilidade. Portanto, destaca-se aqui tanto a importância no uso de ferramentas auxiliares no processo de escolha dos materiais como nos diferentes desempenhos de um mesmo material de acordo com a técnica utilizada.

AGRADECIMENTOS

Este artigo é parte de um projeto de pesquisa aprovado na chamada MCTI/CNPq/Universal 14/2014 - Faixa A, Processo: 443906/2014-9. Os autores agradecem o apoio recebido do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq – Brasil e também à Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – FAPES.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENDA 21 brasileira: ações prioritárias / Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. 2. ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004.
- AGENDA Vitória: plano estratégico até 2028. Vitória, 2008. Disponível em: <http://www.vitoria.es.gov.br/seges.php?pagina=agenda_vitoria_oquee>. Acesso em: 16 nov. 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12721: Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio. Rio de Janeiro, 2006.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15.575-1: Norma de Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- BISSOLI-DALVI, M. ISMAS: A sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais. Concepción - Chile, 195 p., 2014. Tese (Doutorado) – Universidade del Bío-Bío.
- BISSOLI-DALVI, M.; ZAMBONI, C. P.; VIZEU, C. C.; GOBBI, M. E.; ALVAREZ, C. E. de. Proposta de aprimoramento da ferramenta ISMAS. Estudo de caso: madeira plástica. In: SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT, BRAZIL & PORTUGAL, 16. 2016, Vitória. Anais...Vitória, 2016, p. 809-818.
- BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento. Informe Setorial, área industrial. nº 26. Disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimento/setorial/Informe_26.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2016.
- BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Balanço Energético Nacional 2016: Ano base 2015. Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2016.pdf>. Acesso em: 12 out. 2016
- BRASIL. Constituição (1988). Constituição [da] República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal, 1988.
- BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília: Câmara dos deputados, 1981.
- CELLURA, M., LONGO, S., MISTRETTA, M. The energy and environmental impacts of Italian households consumptions: an input output approach. Renewable and Sustainable Energy Reviews. V. 15, p. 3898-3908, 2011.
- CEUSA. Manual de instalação AS - Assentamento a seco. Disponível em: <http://www.ceusa.com.br/app/webroot/img/institucional/arquivo_26.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2016.
- CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento: de acordo com a Resolução nº 44/228 da Assembleia Geral da ONU, de 22-12-89, estabelece uma abordagem equilibrada e integrada das questões relativas a meio ambiente e

- desenvolvimento: a Agenda 21. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 1995.
- CONFERÊNCIA NAÇÕES UNIDAS RIO + 20, 2012. Rio de Janeiro. O Futuro que Queremos. 2012. Disponível em: <http://hotsite.mma.gov.br/rio20/wpcontent/uploads/Zero_Draft_PORT.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2016.
- DESENVOLVIMENTO com sustentabilidade. São Paulo: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2011.
- KARANDE, P.; CHAKRABORTY, S. Application of multi-objective optimization on the basis of ratio analysis - (MOORA) method for materials selection. *Materials and Design*. v. 37, p. 317-324, 2012.
- LIPPIATT, B.; GREIG, A. L.; LAVAPPA, P. BEES Online. 2009. Disponível em: <<http://www.nist.gov/el/economics/BEESSoftware.cfm/>>. Acesso em 6 mar. 2017.
- MONICH, C. R.; TAVARES, S. F. Energia e CO₂ embutidos na fabricação dos materiais de construção: panorama atual no Brasil e exterior. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13. 2010, Canela-RS. Anais...Canela.
- PLANO de desenvolvimento Espírito Santo 2025: carteira de projetos estruturantes – Espírito Santo: Macroplan, 2006. v.8
- PRADO, U.S.; BRESSANI, J.C. Panorama da indústria cerâmica brasileira na última década. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 56, e CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CERÂMICA, 1, 2012, Curitiba-PR. Anais... Curitiba, p. 3035-3047.
- SARDOU FILHO, R.; MATOS, G. M. M.; MENDES, V. A.; IZA, E. R. H. de F. Atlas de rochas ornamentais do Espírito Santo. Brasília: CPRM, 2013.
- SEV, A. How can the construction industry contribute to sustainable development? A conceptual framework. *Sustainable Development*. v. 17, p. 161 - 173, 2008.
- SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para o desenvolvimento no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL, 2, e ENCONTRO LATINO AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 1, p. 367-373, 2001, Canela, RS. Anais... Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2001.
- SIMAPRO. Disponível em: <<http://www.pre-sustainability.com/simapro-lca-software>>. Acesso em: 6 mar. 2017
- TAVARES, S. F. Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras. Florianópolis, 225p., 2006. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina.
- TAVARES, S. F.; LAMBERTS, R. Determinação da energia embutida em edificações; um atributo de sustentabilidade. In: ENCONTRO DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6, 2006, Florianópolis. Anais... Florianópolis, p. 3855-3860
- TAVARES, S.; GRAF, H. F. Energia incorporada dos materiais de uma edificação padrão brasileira residencial. In: CONGRESSO DE INOVAÇÃO, TECNOLOGIA E SUSTENTABILIDADE, 1., 2010, Brusque. Anais... Brusque.
- WIEDMANN, T. O.; SCHANDI, H.; LENZEN, M.; MORAN, D.; SUH, S.; WEST, J. KANEMOTO, K. The material footprint of nations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 112, n. 20, p. 6271-6276, 2015. Disponível em: <<http://www.pnas.org/content/112/20/6271.short>>. Acesso em: 13 nov. 2016.