

Crêterios para caracteriza o dos materiais construtivos visando uma edifica o mais sustentável:  nfase para o granito

Thiara Pelissari Lucas

Graduanda de Arquitetura e Urbanismo (UFES), bolsista de in cia o científica do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP- UFES). E-mail: thiarylucas@hotmail.com

Marcelo Venzon

Graduando de Arquitetura e Urbanismo (UFES), bolsista de in cia o científica do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP- UFES). E-mail: marcelovenzon@hotmail.com

Bernardo Zandomenico Dias

Graduando de Arquitetura e Urbanismo (UFES), bolsista de in cia o científica do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP- UFES). E-mail: bernardozdias@gmail.com

M rcia Bissoli

Arquiteta Urbanista, Mestre em Engenharia Civil (UFES), doutoranda em arquitetura e urbanismo (Universidad del Bio-Bio, Chile), pesquisadora do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP- UFES). E-mail: marciabissoli@gmail.com

Ana Dieuzeide Santos Souza

Arquiteta, Mestre em Engenharia Civil, Professora (Substituta) no Depto. de Engenharia Civil da UFES, pesquisadora do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP- UFES). E-mail: anadiezeide@gmail.com

Cristina Engel de Alvarez

Arquiteta Doutora, professora no Depto. de Arquitetura e nos cursos de p s gradua o em Engenharia Civil e em Arquitetura e Urbanismo da UFES, Diretora do Centro de Artes e Coordenadora do Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP- UFES). E-mail: cristinaengel@pq.cnpq.br

Resumo: As a o es voltadas para o desenvolvimento ao longo dos anos, especialmente na constru o civil, ocasionou, entre outras consequências, a consciência da finitude dos recursos não renováveis, tornando-se essencial a ado o de uma postura que vise simultaneamente o crescimento físico, a evolu o tecnológica e a preserva o dos recursos naturais. Nesse sentido, na indústria da constru o civil, a escolha de materiais construtivos constitui uma etapa fundamental   medida que se considera os impactos da edifica o nos âmbitos ambiental, social e econ mico. A partir do estabelecimento dessa premissa, o principal **objetivo** da pesquisa foi avaliar com base em um material de constru o específico – o granito – os critérios adotados para a abordagem relacionada aos materiais de constru o apresentados pela Ferramenta ASUS (Avalia o de Sustentabilidade), em fase de desenvolvimento e voltada para a realidade do Espírito Santo. Destaca-se que a ASUS foi formulada tendo como apoio diferentes ferramentas de avalia o, tais como o LEED, o AQUA, o HK BEAM SOCIETY, o BREEAM, o GREEN STAR, o CASBEE, o BUILT GREEN, a SBTtool, o HQE e o SBAT. Como **método**, foi elaborado um questionário e aplicado a uma empresa representativa no ramo de atividade local. Tal questionário, de caráter aberto, investigou diversos aspectos referentes aos materiais, e foi desenvolvido com base nos critérios e pré-requisitos da ASUS. O granito foi selecionado diante da sua relevância na constru o civil no Estado, e também pelo reconhecido impacto causado no processo de produ o e/ou extra o. Os **resultados** obtidos já contribuem para a constata o da relevância dos critérios relacionados aos materiais propostos pela ASUS, seja na abordagem direta ou indireta, que relaciona os materiais a outros recursos. Por fim, apesar da notoriedade do material no mercado capixaba, percebeu-se uma carência de trabalhos técnicos com informa o es consistentes a respeito do gasto energético, além de dados específicos.

Palavras chave: Materiais construtivos; Sustentabilidade; Avalia o de sustentabilidade; ASUS, Granito.

Abstract: The actions for the progress over the years, especially in the construction area, caused alert to the finiteness of non-renewable resources, making it essential to adopt a new posture aimed at the physical growth, technological developments and preservation of natural resources. In this effect, the choice of construction materials is an important step that measures the impacts of building in environmental, social and economic development. Therefore, the main purpose of this study was to evaluate, based on a specific building material - granite - the criteria adopted to related

building materials provided by ASUS Tool (Sustainability Assessment), in development period for the reality of the state Espírito Santo, Brazil. The ASUS appliance has been formulated supported on different assessment tools, such as LEED, the AQUA, the HK BEAM SOCIETY, the BREEAM, GREEN STAR, CASBEE the BUILT GREEN, the SBTool, the HQE and SBAT. As a method, a questionnaire was elaborated and applied to a representative firm in the business of local activity. This questionnaire investigated various aspects related to materials, and was developed based on the criteria and requirements of ASUS. The granite was selected on their relevance in the construction industry in the State, and also recognized the impact of the production process and extraction. The results are already contributing to the relevance of the criteria related to the materials offered by the ASUS tool, either in direct or indirect approach, which relates the material with other resources. Finally, despite the magnitude of the material in Espírito Santo, it was perceived a deficiency of technical works with consistent information about the energy expenditure, and specific data.

Key words: Building materials, Sustainability, Sustainable assessment, ASUS, Ornamental Stone.

1 Introdução

No setor da construção civil, ao se tratar de sustentabilidade, existem diversas ferramentas cujos objetivos consistem em avaliar as edificações sob os critérios sustentáveis, como é o caso do LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*), AQUA (Alta Qualidade Ambiental), HK BEAM SOCIETY (*Hong Kong Building Environmental Assessment Method*), BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), GREEN STAR, CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*), BUILT GREEN, SBTool, HQE (*Haute Qualité Environnementale*) e SBAT (*Sustainable Building Assessment Tool*), estudadas durante a pesquisa, e da Ferramenta ASUS (Avaliação de Sustentabilidade) proposta por Souza (2008), atualmente em desenvolvimento pelo Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo (LPP/UFES) e que tem como base a ferramenta SBTool. Observa-se que a escolha da SBTool como base para a ASUS foi, conforme Souza (2008), pelo caráter amigável da ferramenta e da facilidade de adequá-la a realidade local, a fim de elaborar um instrumento avaliador do índice de sustentabilidade de edificações no âmbito do Espírito Santo.

Sabe-se que muitas das ferramentas citadas são elaboradas para determinadas realidades e diferentes regiões. Assim, a adoção de tais ferramentas fora do contexto em que foram criadas deve ser feita de forma criteriosa, para não distorcer os resultados e nem gerar dados que não servirão de suporte ao projeto. Com a finalidade de evitar situações semelhantes, a ASUS está sendo desenvolvida para as condições sociais, ambientais e culturais do Estado do Espírito Santo e visa contribuir, inicialmente, na fase do projeto, fornecendo a instrumentação para que o projetista obtenha uma edificação mais sustentável, dentro das condições estabelecidas pela realidade local.

Os critérios e pré-requisitos contemplados pela Ferramenta ASUS foram agrupados por afinidade de assunto, gerando diferentes focos de abordagens, e neste trabalho são discutidos aqueles referentes aos materiais construtivos. Observa-se que o setor da construção civil consome cerca de 75% dos recursos naturais do planeta, de acordo com John, Oliveira e Agopyan (2006), sendo a maior parte desses recursos não renováveis, o que justifica a necessidade de se avaliar os materiais de forma separada e destacada.

Segundo a Associação Nacional dos Comerciantes de Material de Construção (ASSOCIAÇÃO..., 2008), o Espírito Santo sedia 2% das empresas de construção civil localizadas no Brasil, porém, o crescimento do setor de materiais no Estado é insuficiente (INSTITUTO..., acesso em 23 abr. 2010), visto que ainda é necessário adquirir muitos materiais provenientes de outros estados ou regiões do país para suprir a demanda local.

Dessa forma, verifica-se que a indústria local não abastece suficientemente o Estado e, apesar do *déficit* no que diz respeito à indústria de materiais de construção, o Estado tem grande potencial de crescimento e isso vem se refletindo, por exemplo, no aparecimento de imobiliárias e construtoras oriundas de outros locais. Assim, produtos como o granito ganham destaque no setor da construção, já que podem ser encontrados sem dificuldades nas principais cidades do Espírito Santo, seja para o consumo local como, também, por ser um importante material de exportação para a economia estadual. Considerando a necessidade de direcionamento da pesquisa para um material específico, essas características orientaram para a escolha desse material, observando-se ainda, além dos aspectos ambientais, a ênfase aos aspectos sócio-econômicos locais. Destaca-se na contextualização local, a reconhecida produtividade existente no município de Cachoeiro de Itapemirim, localizado ao sul do Estado.

Com relação às rochas ornamentais, o Estado concentra 50% da produção nacional e o segmento é responsável por 7% do Produto Interno Bruto local, com cerca de 1250 empresas empregando diretamente 25 mil pessoas e indiretamente 105 mil. Mais de 90% dos investimentos do parque industrial brasileiro do setor de rochas ornamentais são realizados no Espírito Santo (VITÓRIA..., acesso em 18 maio 2010). O Estado se tornou referência mundial em mármore e granito e é líder absoluto na produção nacional de rochas, apresentando um potencial geológico considerável, amplamente desenvolvido por meio de investimentos em pesquisas geológicas, tecnologias de extração e beneficiamento.

Além disso, o Estado é detentor de empresas de beneficiamento primário (serragem) e secundário (polimento e produtos acabados), fabricantes de máquinas, equipamentos e insumos industriais, prestadores de serviços, centros de tecnologia, abrangendo assim grande parte dos serviços necessitados pelo setor de rochas ornamentais, desde sua extração até seu destino final. Cachoeiro do Itapemirim (figura 1) concentra 70% do beneficiamento dos 25 milhões de metros quadrados de rochas ornamentais processados anualmente no Espírito Santo, tornando-se, por isso, sede do maior parque industrial de beneficiamento de rochas ornamentais do Estado (CACHOEIRO..., acesso em 24 maio 2010).

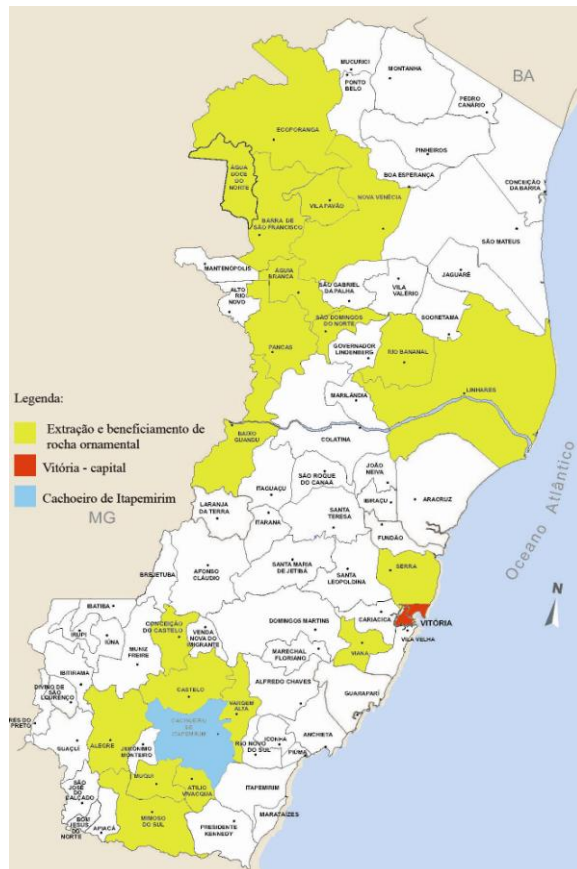


Figura 1: Municípios do Espírito Santo e a extração de rocha ornamental
Fonte: adaptado de GOVERNO..., acesso em 14 jun. 2010.

2 Objetivo

O objetivo da pesquisa é testar os pré requisitos e critérios propostos na Ferramenta ASUS para a caracterização do material com relação à sustentabilidade e, a partir dos resultados, propor adequações ou aprimoramentos. O material usado como referência foi o granito, tanto pela possibilidade de acesso a informações em praticamente todo o ciclo de vida – extração, beneficiamento, comercialização, utilização e destino final -, como por ser um dos principais materiais utilizados na construção civil no Espírito Santo, com importantes conseqüências também nos aspectos sociais, econômicos e ambientais, tendo como contexto a realidade da região. Parte-se do pressuposto que não se pode associar um “índice de sustentabilidade” para o granito - assim como para os outros materiais adotados na construção civil -, uma vez que a adequabilidade de seu uso deve ser estudada a partir do contexto do edifício em que se deseja empregá-lo.

3 Metodologia

A metodologia foi desenvolvida tendo como base inicial os critérios com foco na abordagem referente aos materiais apresentada na Ferramenta ASUS. Para a avaliação dos mesmos foi elaborado um questionário aplicado na forma de entrevista realizada com uma empresa do setor de rochas, aqui denominada empresa “A”. Para a escolha da empresa, levou-se em consideração a inserção da mesma no mercado estadual, sua representatividade, a produtividade de destaque, além do domínio sobre os processos de produção e beneficiamento do material. Embora fosse desejável a aplicação da pesquisa em mais de uma empresa, destaca-se que o principal objetivo foi testar os pré-requisitos e critérios da ASUS, e não avaliar a sustentabilidade do granito, assim, um dos principais critérios para a escolha da empresa de referência foi o de ter expressão no mercado e domínio das várias partes da cadeia produtiva do granito.

O questionário aplicado, de caráter aberto, investigou aspectos culturais, sociais e econômicos, referente aos materiais, para que assim pudessem ser avaliados em todas as vertentes da sustentabilidade e foi desenvolvido com base nos critérios e pré-requisitos da ASUS e em outras questões de características específicas. As informações que não foram obtidas na entrevista com a empresa foram complementadas através de referencial bibliográfico. O resultado final obtido serviu de base como um teste da Ferramenta ASUS. Foram abordadas temáticas diretamente relacionadas aos materiais – apresentadas no quadro 1 –, e os temas indiretamente relacionados – aspectos térmicos, visuais, qualidade do ar, etc. –, foram descritos na análise posterior.

Para avaliar os critérios diretamente relacionados aos materiais, utilizaram-se pesos e cores que simbolizam a representatividade de cada critério. Assim, a Avaliação Positiva é representada pela cor Verde, como sinal de boa atuação. Já a Avaliação Neutra é representada pela cor Amarela. E nos casos em que a avaliação não atende aos critérios estabelecidos (Avaliação Negativa) a cor Vermelha representa a ausência de dados ou a existência de falhas.

Em relação às questões temas do questionário, usou-se como base o diagnóstico dos materiais de acordo com a ACV (Análise do Ciclo Vida), analisando a composição dos materiais, sua origem, o transporte utilizado, a mão de obra empregada, o resíduo gerado, entre outras características relevantes para classificar o material de acordo com o local em que está inserido. Segundo John, Oliveira e Agopyan (2006), apesar de suas limitações, a ACV é a melhor ferramenta para a seleção de materiais com base na sustentabilidade ambiental e, na medida em que a disponibilidade de dados aumenta, sua precisão deverá ser aprimorada e seus custos deverão diminuir. Já é consenso que até as ferramentas mais sofisticadas não podem contabilizar todas as variáveis e processos ambientais do ciclo de vida de um produto. Assim, o processo de avaliação precisa limitar o foco para os aspectos mais relevantes, procedimento denominado delimitação de fronteiras (ASSOCIAÇÃO..., 2001). A figura 2 apresenta a estrutura utilizada para o recorte que delimita a etapa de avaliação aqui utilizada durante a pesquisa.

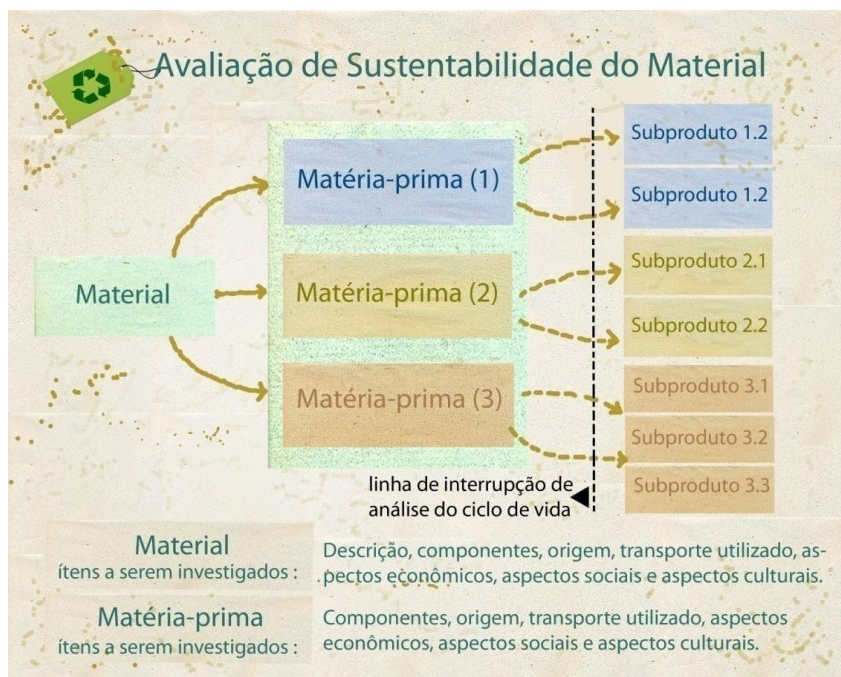


Figura 2: Esquema de delimitação da avaliação de sustentabilidade do material

4 Análise dos resultados

A partir das informações alcançadas através do questionário, o quadro 1 explicita o modo com que os produtos e os planos de gestão de tal empresa respondem às questões ambientais, sociais e econômicas levantadas pelos critérios de avaliação do tema Materiais da Ferramenta ASUS. Vale ressaltar que a importância desse quadro é, principalmente, por permitir a análise da adequabilidade e abrangência dos itens de avaliação propostos, através da quantidade e qualidade das informações adquiridas a partir de suas abordagens, não sendo objeto de pesquisa a avaliação da empresa participante.

Continua

PRÉ-REQUISITO	DESCRIÇÃO
Cadastro da empresa no sistema de pessoas jurídicas da Receita Federal	O fato de a empresa ser legalizada deve assegurar a formalidade da cadeia produtiva e a garantia (relativa) de observância dos direitos sociais dos trabalhadores.
Cumprimento da norma técnica, sempre que existir, para o material em questão	<p>Não foi identificada a realização de testes de comprovação da adequação das características do granito ao cumprimento de determinadas normas técnicas. Porém, de acordo com <i>American Society for Testing and Materials – ASTM</i> (CARRISSO; VIDAL; CARVALHO, 2006), há normas específicas que regulamentam determinadas propriedades das pedras, que são:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Análise Petrográfica: ABNT NBR 12768; e ASTM C-295; • Índices Físicos: ABNT NBR 12766; e ASTM C-97 • Resistência à flexão: ABNT NBR 12763; e ASTM C-99 / C-880; • Resistência ao impacto de corpo duro: ABNT NBR 12764; e ASTM C-170; • Resistência à compressão: ABNT NBR 12767; e ASTM D-2938 / C-170; • Coeficiente de dilatação térmica linear: ABNT NBR 12765; e ASTM E-228; • Congelamento e degelo conjugado à compressão: ABNT NBR 12769; • Desgaste Amsler ABNT NBR 6481; e ASTM C-241 • Módulo de deformabilidade Estática: ASTM C-3148 • Micro dureza Knoop: (não tem norma técnica) • <i>Natural Stone</i>: ISO.TC. 196 (SPÍNOLA; GUERREIRO; BAZAN, 2004)

CRITÉRIO	DESCRIÇÃO
Avaliação Positiva	
Avaliação Negativa	
Avaliação Neutra	
Re-uso de materiais	Devido à sua alta dureza e resistência mecânica, citadas em Vargas, Motoki e Neves ([200-]), considera-se o granito um material com alto potencial de reuso. Muitas vezes, não é possível reutilizar na mesma situação, por motivo de quebras, contudo, é possível utilizar o material em outras situações garantindo a mesma dureza e resistência.
Uso de materiais certificados	O uso de material proveniente de empresas com certificação - como as das séries ISO 9000 e 14000, por exemplo -, assegura sua maior qualidade e menor impacto ambiental em sua produção e beneficiamento. Entretanto não foram identificadas certificações para a Empresa "A" ou seu produto.
Uso de materiais de rápida renovação	Apesar de o granito necessitar de um prazo muito longo para renovação, vale considerar que, segundo Barreto (2000), há recursos não renováveis que são abundantes, propiciando um consumo livre de risco de depleção de reservas em curto prazo. No contexto regional, o granito apresenta um potencial geológico considerável (VITÓRIA..., acesso em 18 maio 2010). A dificuldade de renovação torna-se agravante ao se considerar a demanda de um tipo específico de granito, e a possibilidade de escassez do mesmo.
Uso de materiais reciclados	O granito em si pode ser reutilizado sem afetar as propriedades do material. Paralelamente, há elementos e peças utilizados durante o processo de beneficiamento e transporte que podem ser reciclados, a exemplo dos plásticos e abrasivos.
Uso de materiais que necessitem de pouco ou nenhum acabamento	O granito necessita apenas da aplicação de resina e, em alguns casos, impermeabilizante e/ou cera.
Uso de materiais com adições de resíduos	Os resíduos que saem da serraria são utilizados, por exemplo, para a fabricação dos denominados "tijolos ecológicos", e podem ser aplicados para produção de outros materiais. As sobras dos granitos, chamadas de casqueiros, são fornecidas a empresas e profissionais que trabalham no ramo para reaproveitamento, podendo ter usos diversificados, como em calçadas, por exemplo.
Uso de materiais produzidos na região	O segmento de rochas ornamentais se apresenta como um dos mais importantes e significativos da economia do Espírito Santo, de forma que as empresas do Estado são capazes de englobar todas as atividades da cadeia de produção do setor, além da maioria das atividades de apoio, a exemplo de fabricantes e fornecedores de máquinas, equipamentos e outros insumos industriais e prestadores de serviço. Cerca de 23 municípios do Estado possuem reservas de rochas (CARANASSIOS, [199-?]). Há dependência de reservas externas apenas com relação às rochas raras.
Uso de materiais com alta durabilidade	Os granitos são rochas ígneas e metamórficas, segundo classificação comercial, compostas principalmente por minerais félsicos, como quartzo, feldspato alcalino e plagioclássio, que são silicatos de alta dureza. Por esse motivo, apesar de serem difíceis de explorar e beneficiar possuem alto brilho no polimento e alta durabilidade mecânica, sendo considerados rochas ornamentais de elevada qualidade e consequente durabilidade (VARGAS; MOTOKI; NEVES, [200-]).
Solução de projeto para economia de materiais	As peças de granito são fornecidas de acordo com a especificação de projeto. Assim, se as peças forem dimensionadas corretamente, as chapas são aproveitadas de forma a reduzir as perdas.
Uso de materiais "inteligentes" ou ativos e multifuncionais	O granito é um material cujas características permanecem constantes, não sendo considerado ativo. Todavia, em algumas situações, pode ser aplicado como um material multifuncional, por exemplo, ao ser utilizado como elemento estrutural e/ou de vedação e ao mesmo tempo de acabamento.
Facilidade de manutenção dos materiais empregados	O granito pode ser considerado um material de fácil manutenção, uma vez que apenas aconselha-se reaplicar impermeabilizante e/ou cera às peças, em períodos de tempo variando de acordo com o uso das mesmas. Vale ressaltar que a impermeabilização é um processo cuja finalidade é apenas de prolongar a durabilidade da superfície da peça.

Atendimento às condições de segurança	Há fiscalização por parte do Ministério do Trabalho tanto nas pedreiras quanto nas indústrias, e as principais determinações legais para o setor são: o cumprimento das exigências do Instituto para a Segurança, Higiene e Saúde no trabalho (ISHST); a existência de um Plano de Segurança e saúde (PSS) como ferramenta de gestão de Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho (SHST); a existência, nas pedreiras, de instalações sociais e de higiene, além de posto ou local para prestar primeiros socorros; a existência de um socorrista para cada 20 trabalhadores e material de primeiros socorros adequado; o cumprimento dos deveres relacionados à proteção coletiva (a exemplo do respeito, pelos equipamentos de trabalho, das normas de segurança aplicáveis; do fornecimento de equipamentos de proteção individual necessários; da vedação e devida sinalização das pedreiras; de cuidados com a exposição pessoal a ruídos; da elaboração de estudos de empoeiramento para postos de trabalho com elevadas concentrações de poeira; do respeito aos níveis de exposição às vibrações, tanto para trabalhadores quanto para construções próximas; e do cumprimento das regras de segurança para os processos que englobam material explosivo); e comunicação imediata ao SHST em caso de ocorrência de acidente de trabalho (GUERREIRO, 2005). Além dessas determinações, observa-se a obrigatoriedade recente da adoção, pelas beneficiadoras, de sistemas pneumáticos ou “a úmido”, como são chamados; e o asfaltamento das estradas utilizadas para extração nas pedreiras, a fim de evitar acidentes.
---------------------------------------	---

Quadro 1: Análise do material e medidas de gestão da Empresa “A” a partir dos critérios de materiais da ASUS

Além das considerações realizadas, é fundamental para uma análise completa, abordar assuntos correlatos aos materiais, tais como: emissões de substâncias durante o processo de beneficiamento, características quanto ao conforto acústico, térmico e visual; permeabilidade; gasto de energia na cadeia produtiva, etc. Tais aspectos são investigados nos demais focos de abordagem da Ferramenta ASUS, sendo nesta pesquisa analisados de uma forma indireta.

Um exemplo complementar de análise aponta que o granito possui um baixo grau de porosidade e absorção de água (CARISSO; VIDAL; CARVALHO, 2006), sendo usado, também, como revestimento e componente de áreas molhadas. Desse modo, não pode ser considerado, em si, um material que favorece a **permeabilidade**, porém, é muito utilizado em pavimentações na forma de placas ou blocos entremeados por grama, pedrisco, etc., permitindo a passagem da água. Por outro lado, pela baixa porosidade e absorção de água, o granito dificulta o acúmulo de sujeira e proliferação de bactérias, favorecendo melhores condições de higiene, o que o torna adequado para uso em ambientes onde é necessário certo nível de salubridade, como em cozinhas (GUEDES, 2003).

Ainda neste sentido, com relação à **acústica**, sabe-se que materiais duros e lisos possuem maior capacidade de reflexão de ondas sonoras, podendo ser usados para propiciar adequação acústica a determinado ambiente, dependendo do que se deseja alcançar com o mesmo (NAKAMURA, 2006).

Quanto aos aspectos **térmicos**, levando-se em consideração o clima da Grande Vitória - quente e úmido -, as rochas são materiais indicados para alcançar bom desempenho, uma vez que possuem baixa difusividade e alta efusividade, ou seja, possuem alta capacidade de absorver o calor interno e baixa capacidade de transmitir para o interior o calor oriundo do exterior (NEVES, 2006).

O conforto **visual** de acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (1997), é obtido a partir de iluminação suficiente, ausência de ofuscamento, entre outros. Para que isso ocorra, deve-se também levar em consideração as cores das superfícies que compõem os ambientes. Como o granito pode ser encontrado em diversas colorações, sua utilização correta pode favorecer maior conforto visual para os usuários de determinada edificação. Nesse sentido, uma das maneiras de se amenizar a reflexão de luz proveniente das fachadas dos edifícios, por exemplo, (tema que é discutido em várias ferramentas de avaliação da sustentabilidade), é a correta seleção de granitos levando-se em conta sua coloração, já que, segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997), superfícies pretas refletem cerca de 20% da luz incidente, enquanto as brancas refletem cerca de 80%. Além disso, a escolha do granito, quando utilizado em superfícies externas, também

pode exercer forte influência para a não ocorrência do fenômeno Ilha de Calor, não contribuindo para o armazenamento de calor na edificação e, em maior escala, nos centros urbanos.

Dos muitos poluentes do **ar interno**, o granito em si pode emitir apenas o radônio, que é um gás que pode ser encontrado em rochas do subsolo e é capaz de causar alterações no corpo humano podendo inclusive provocar câncer. Entretanto, a contaminação por esse gás ocorre apenas em ambientes muito pouco ou nada ventilados (OLIVEIRA, 2009). Porém, atualmente há um grande uso de resinas e substâncias de acabamento superficial que, assim como as tintas, vernizes, colas e solventes, são responsáveis pela liberação no ar dos compostos orgânicos voláteis, que com o passar do tempo, podem trazer malefícios ao organismo humano (OLIVEIRA, 2009). Nos granitos, utilizam-se tais acabamentos para protegê-los de riscos e alterações de cor, causadas normalmente pela absorção de umidade ao longo dos anos. Assim, apesar do próprio granito não liberar substâncias prejudiciais a qualidade do ar, materiais utilizados para a melhoria de seu desempenho o podem fazer, causando a diminuição da qualidade do ar interno dos ambientes. Ainda sobre emissões, Oliveira (2009) explica que substâncias destruidoras da camada de ozônio são encontradas em sistemas de refrigeração e em produtos que contém aerossóis, sendo o granito isento destas substâncias.

Quanto à **aplicação**, o emprego de granito em determinada edificação precisa ser acompanhado do gerenciamento da qualidade dos serviços e materiais que o envolvem. Isso se mostra imprescindível para que não aconteçam, por exemplo, problemas na fixação e uso da rocha, atingindo assim o aumento de sua durabilidade (CORREIA, 2004). Ainda sobre a aplicação, o granito propicia certa adaptabilidade, uma vez que suas peças podem ser retiradas e reaproveitadas em outros locais. Além disso, tal material pode contribuir para a realização de um projeto modular e padronizado, já que suas peças podem ser cortadas em diversos tamanhos e formatos, respeitando as dimensões e proporções das chapas, ficando, assim, a cargo do projetista selecionar aquelas que melhor se adequam ao seu projeto.

Com relação à **energia incorporada**, a empresa entrevistada não possuía as informações necessárias, e não foram encontradas referências que trouxessem tais dados, dada a especificidade dos mesmos e a dificuldade para alcançá-los. Entretanto, vale ressaltar que o granito é um material de curta cadeia produtiva se comparado a outros materiais (cerâmicas, por exemplo) e, às vezes, ainda é comercializado com pouco beneficiamento (VARGAS; MOTOKI; NEVES, [200-]). No caso regional, durante a extração e beneficiamento, percorre poucas distâncias, o que, juntamente com a eficiência dos equipamentos empregados, determina o gasto energético.

Ao se tratar dos **impactos ambientais** gerais, a atividade de extração e beneficiamento do granito possui grande potencial de degradação do meio ambiente, podendo causar modificações na paisagem, assoreamento de cursos d'água, danos a áreas de nascentes e recarga de aquíferos, além de gerar considerável quantidade de resíduos.

5 Conclusão

A aplicação do modelo de análise baseado nos critérios da ASUS utilizando o granito permitiu constatar que a Ferramenta traz critérios relevantes ao caráter sustentável do mesmo na edificação, se considerar a abordagem direta realizada pelo tema materiais construtivos e as indiretas realizadas pelos outros temas, como as relacionadas aos aspectos sociais e econômicos, à eficiência energética, aos confortos térmico, acústico e lumínico, às emissões atmosféricas e no ambiente interno, à geração de resíduos, ao impacto no entorno e à economia de água.

Vale ressaltar que o desempenho do material no edifício não depende apenas de suas características, mas também, em grande parte, da forma como ele é empregado, o que depende das soluções e criatividade do projetista, e da consciência dos usuários ao tratar do mesmo durante o uso do edifício. Além disso, a ferramenta não elimina a necessidade de avaliação do material de acordo com seu ciclo de vida, uma vez que certos dados, como a quantificação dos danos ambientais causados na extração do material e nas demais etapas de sua produção (o que ajuda a determinar se um

material é mais ou menos sustentável que outro), somente são obtidos através da complexidade de uma análise do ciclo de vida ou mesmo pela identificação da energia incorporada em cada etapa. Além disso, sabe-se que a simples mudança da tecnologia utilizada no beneficiamento do granito, por exemplo, altera consideravelmente os impactos causados por ele ao ambiente. Observa-se que em função da quase inexistência de estudos nacionais ou regionais sobre o ciclo de vida dos materiais, a decisão do projetista para a escolha de determinado material é feita baseada em um conhecimento superficial ou mesmo de acordo com o apelo de *marketing* no mercado consumidor. Assim, a ASUS parte do pressuposto da necessidade de estabelecer critérios e diretrizes que auxiliam na escolha de materiais que resultem em uma edificação menos impactante ao ambiente, haja vista que a realização completa de uma análise do ciclo de vida para os materiais construtivos de maior relevância é uma atividade extremamente complexa e que demanda recursos e tempo não disponíveis no âmbito da pesquisa. Esta pesquisa resulta então em uma forma alternativa para a escolha dos materiais, visto a carência de dados básicos – os denominados *benchmarks* – nos âmbitos nacional e regional.

Por fim, apesar da notoriedade do granito no mercado capixaba, percebeu-se, como dito anteriormente, uma carência de trabalhos técnicos que tragam informações consistentes a respeito da energia embutida durante os processos de beneficiamento e utilização do material, além de dados específicos da região. Sugere-se, portanto, o desenvolvimento de testes, medições e constatações *in loco*, e estudos sobre o mesmo, utilizando como foco as pedreiras e empresas localizadas no Estado.

6 Referências

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS COMERCIANTES DE MATERIAL DE CONSTRUÇÃO, 2008. Disponível em: <<http://www.anamaco.com.br/>>. Acesso em: 3 maio 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2001.

CACHOEIRO de Itapemirim Stone Fair 2010. A cidade. Feira Internacional do mármore e granito. Cachoeiro de Itapemirim, 2010. Disponível em: <<http://www.cachoeirostonefair.com.br/site/2010/pt/cidade>>. Acesso: 24 maio 2010.

CARANASSIOS, A. **Panorama das rochas ornamentais do estado do Espírito Santo**. [S.l.]: Centro de Tecnologia Mineral, [199-?].

CARISSO, R. C. C.; VIDAL, F. W. H.; CARVALHO, M. R. S. Avaliação de granitos ornamentais do Sudeste através de suas características tecnológicas. In: SIMPÓSIO DE ROCHAS ORNAMENTAIS DO NORDESTE, 5., 2005, Recife. **Anais...** Rio de Janeiro: Centro de Tecnologia Mineral, 2006. p. 23-30.

CORREIA, C. Patologias identificadas e caracterizadas em revestimentos exteriores de pedra natural com fixação directa: algumas recomendações para sua prevenção. **Rochas e Equipamentos**, Lisboa, 2004. Disponível em: <<http://www.rochas-equip.com/po/advertisement.html?wsid=92>>. Acesso em: 26 maio 2010.

GOVERNO do Estado do Espírito Santo. Disponível em <http://www.es.gov.br/site/espírito_santo/mapas.aspx>. Acesso em 14 Jun. 2010.

GUEDES, I. P. **Reforma de cozinha para o preparo de alimentação coletiva, conforme legislação vigente, visando preservar a qualidade dos alimentos**, 2003. Monografia (Pós-Graduação Lato-Sensu em Qualidade em Alimentos). Universidade de Brasília. Brasília, 2003.

GUERREIRO, H. **Condições de segurança, higiene e saúde no trabalho em explorações de rocha ornamental e industrial**. In: ENCONTRO NACIONAL DO COLÉGIO DE ENGENHARIA GEOLÓGICA E DE MINAS DA ORDEM DO ENGENHEIROS, 15., 2005, Ponta Delgada.

INSTITUTO JONES DOS SANTOS NEVES. Disponível em: <http://www.ijsn.es.gov.br/attachments/193_2009-26.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2010.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P. de; AGOPYAN, V. **Crítérios de sustentabilidade para seleção de materiais e componentes**: uma perspectiva de países em desenvolvimento. Departamento de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2006. Disponível em: <http://pcc2540.pcc.usp.br/Material%202006/VMJOHN_AGOPYAN_OLIVEIRA_05_v4_TRADU__O.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2010.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

NAKAMURA, J. Conforto acústico. **Téchne**, São Paulo, ano 15, n. 106, p.44-47, 2006.

NEVES, L. O. **Arquitetura bioclimática e a obra de Severiano Porto**: estratégias de ventilação natural, 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006.

OLIVEIRA, C. **O paradigma da sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificações**, 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

SOUZA, A. D. S. **Ferramenta ASUS**: Proposta preliminar para avaliação da sustentabilidade de edifícios brasileiros a partir da base conceitual da SBTool. 2008. 168 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

SPÍNOLA, V.; GUERREIRO, L. F.; BAZAN, R. **A indústria de rochas ornamentais**. [S.l.: s.n., 2004].

VARGAS, T.; MOTOKI, A.; NEVES, J. L. P. Rochas ornamentais do Brasil, seu modo de ocorrência geológica, variedade tipológica, exploração comercial e utilidades como materiais nobres de construção. **Revista Geociências**, Rio de Janeiro, [200-]. p. 119-132.

VITÓRIA Stone Fair 2010. O Setor. Feira Internacional do mármore e granito. Vitória, 2010. Disponível em: <<http://www.vitoriastonefair.com.br/site/27/pt/setor>>. Acesso em: 18 maio 2010.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (FAPES), ao Programa Institucional de Iniciação Científica da Universidade Federal do Espírito Santo (PIIC/UFES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio à pesquisa.