

## **Proposta de Aprimoramento da ferramenta ISMAS Estudo de Caso: Madeira Plástica**

**Márcia Bissoli-Dalvi**

*Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil*  
[marciabissoli@gmail.com](mailto:marciabissoli@gmail.com)

**Caroline Proscholdt Zamboni**

*Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil*  
[carolinezamboni@hotmail.com](mailto:carolinezamboni@hotmail.com)

**Carolina Castilho Vizeu**

*Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil*  
[carolina.vizeu@gmail.com](mailto:carolina.vizeu@gmail.com)

**Mirna Elias Gobbi**

*Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil*  
[mirna.gobbi@gmail.com](mailto:mirna.gobbi@gmail.com)

**Cristina Engel de Alvarez**

*Federal University of Espírito Santo, Planning and Project Laboratory, Vitória (ES), Brazil*  
[cristina.engel@ufes.br](mailto:cristina.engel@ufes.br)

RESUMO: Atualmente é essencial para profissionais ligados à construção civil a busca do conhecimento sobre os aspectos de sustentabilidade, em particular o conhecimento inerente aos materiais. Desta forma, a utilização de instrumentos que ajudam a selecionar materiais emergiu neste contexto como uma ferramenta facilitadora no processo projetual. Assim, este artigo teve como objetivo utilizar uma ferramenta de seleção de materiais, ISMAS - Ferramenta para seleção de materiais mais sustentáveis, que está em fase de aperfeiçoamento, para analisar a sustentabilidade da madeira plástica ou compósito termoplástico. Destaca-se que esse mesmo material já foi testado na etapa anterior de aprimoramento da ferramenta e foi possível avaliar seu desempenho em relação aos critérios adotados inicialmente. A metodologia foi baseada na revisão da literatura, e foi usado como as principais referências a ferramenta de avaliação e softwares de seleção de materiais guiada por parâmetros sustentáveis. Após o aprimoramento da ferramenta foi realizado testes com a madeira plástica. Como um resultado disso, o desempenho da madeira plástica obtida foi de 0,27 graus em uma gama que varia entre -1 e 1, fornecida na ferramenta. O teste também pode detectar que a madeira plástica tem características que o tornam um material promissor quando avaliados no aspecto da sustentabilidade.

**Palavras-chave** ferramentas de avaliação, ISMAS, seleção de material, sustentabilidade, madeira plástica

## 1. INTRODUÇÃO

O consumo crescente de produtos, juntamente com o crescimento populacional e as mudanças no estilo de vida em muitas partes do mundo causam a exploração e degradação desenfreada dos recursos naturais, bem como danos que, muitas vezes, são irremediáveis ao planeta (Cellura; Longo; Mistretta, 2011). O uso dos recursos naturais acima da capacidade de regeneração se tornou um dos principais desafios do século XXI, sendo um problema tanto ecológico quanto econômico e social. Nesse contexto, a sustentabilidade surge como uma necessidade da relação mais harmoniosa entre homem e natureza (Fernandes et al., 2015).

Os projetos arquitetônicos têm buscado, cada vez mais, o protagonismo dos critérios de bioclimatismo e sustentabilidade (Guerra; Santos, 2008), tidos como inerentes ao conceito da denominada “boa arquitetura”. A escolha dos materiais durante as diversas fases do projeto é de fundamental importância para a implementação de tais pressupostos. Para tanto, é importante que os profissionais tenham conhecimento sobre os materiais que serão selecionados (Bissoli-Dalvi, 2014). A seleção pode afetar positiva ou negativamente o desempenho das edificações e uma seleção inadequada pode gerar resultados como a baixa qualidade do empreendimento ou o não cumprimento com os requisitos mínimos estabelecidos por normas (Karade; Chakraborty, 2012). Por outro lado, a seleção correta dos materiais visa oferecer o máximo de desempenho da edificação (Bissoli-Dalvi et al., 2015).

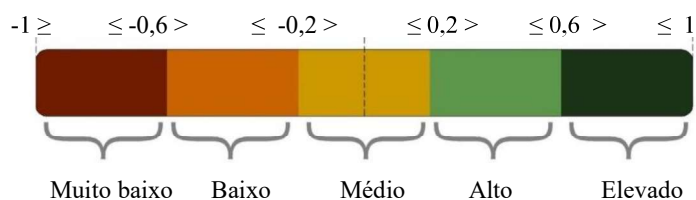
Existe uma tendência dos projetistas em selecionar materiais usados tradicionalmente, seja por já conhecerem suas qualidades, ou pela facilidade de encontrar mão de obra para sua efetiva aplicação na obra. Porém, nos últimos anos, essa tendência tem mudado, e os profissionais têm procurado novos materiais e processos que possuam tecnologias atualizadas e que sejam de qualidade igual ou superior a aqueles tradicionais (Jahan et al., 2010). Existem no mercado produtos e projetos que ampliam conceitos, técnicas e materiais embasados na sustentabilidade. Especificamente no âmbito da construção civil, foram criados nos últimos anos ferramentas de avaliação de sustentabilidade em diversos países, que cooperam também com a seleção de materiais. Elas têm como objetivo, entre outros aspectos, a redução do impacto ambiental além de promover o *marketing* para os empreendimentos que se submetem aos processos de avaliações e certificações (Bortolini; Bissoli-Dalvi; Alvarez, 2015).

As ferramentas de avaliação distinguem-se de acordo com a região onde foram criadas, pois levam em conta fatores como clima, aspectos ambientais e viabilidade do mercado (Silva; Silva; Agopyan, 2001). Porém, algumas são utilizadas em locais diferentes daqueles em que foram criados, sem a devida adaptação, levantando dúvidas sobre a validade da certificação. Além disso, a quantidade de critérios a serem avaliados tornam as ferramentas complexas, e em alguns casos, difíceis de serem mensuradas. Isto também acontece nas ferramentas que dão suporte à seleção de materiais. Diante da necessidade específica, foi desenvolvido o ISMAS - Instrumento de Seleção de Materiais mais Sustentáveis, por Bissoli-Dalvi (2014), que fornece uma avaliação com critérios simplificados, voltados especialmente para a realidade da Região Metropolitana de Vitória (ES-Brasil) para definir o índice de sustentabilidade dos materiais, sendo desenvolvido para a atuação tanto profissional quanto acadêmica.

O ISMAS contribui com benefícios significativos direcionando o projetista para a compreensão da sustentabilidade vinculada aos materiais de construção e a necessidade de especificá-los visando esse objetivo, e fornece como resultado de análise o índice de sustentabilidade do material que pode variar de muito baixo a elevado.

O objetivo deste artigo é aprimorar a ferramenta ISMAS e testar a madeira plástica com a ferramenta reformulada. Bissoli-Dalvi (2014) já assinalava a necessidade de aprimoramento da ferramenta para uma versão mais abrangente, adotando diferentes abordagens e envolvendo outros indicadores de sustentabilidade. No processo de aprimoramento da ferramenta ISMAS, foi selecionado um material específico como estudo de caso para o teste: a madeira plástica. O material foi escolhido principalmente por já ter sido avaliado anteriormente por este mesmo instrumento, tanto na tese de Bissoli-Dalvi (2014), quanto no artigo “*The sustainability of the materials under the approach of ISMAS*” (Bissoli-Dalvi, 2015). Para ambas avaliações foram utilizadas a versão original da ferramenta, obtetendo-se como resultado o índice elevado para sustentabilidade.

Figura 1: Possíveis resultados do índice de sustentabilidade propostos pelo ISMAS



Fonte: Bissoli-Dalvi, 2014, p. 133

A madeira sintética (WPC – *Wood-Plastic Composites*) também conhecida como madeira plástica ou madeira ecológica, surgiu como uma alternativa à própria madeira em várias de suas funções, sendo confeccionada em peças semelhantes a essas (American..., 2012; Molina, Carreira, Junior, 2014). Segundo Molina; Carreira; Junior (2014), trata-se de um composto proveniente da madeira e de materiais recicláveis como resíduos de diversos plásticos e fibras vegetais, obtido a partir de tecnologia industrial. Ainda segundo os autores, as vantagens do WPC se comparada a madeira serrada convencional é que ela não racha, não solta farpas, é mais resistente a corrosão, a pragas, cupins e roedores e não requer outros elementos de proteção, tais como vernizes e seladores. Outra vantagem que merece ser destacada é a excelente performance em ambientes úmidos e regiões litorâneas, pois a madeira plástica apesar de absorver umidade é mais resistente se comparada as madeiras convencionais (Molina; Carreira; Junior, 2014). As aplicações da madeira plástica são estudadas por diversos autores, sendo comumente utilizado para pisos internos, decks, cercas, esquadrias, corrimãos, guarda-corpos e mobiliário - bancos e mesas (Najafi; Hamidina; Tajvidi, 2006).

## 2. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos se dividiram em duas etapas: a primeira foi a definição dos critérios completos que foram incorporados à ferramenta ISMAS, com o objetivo de torná-la mais abrangente, sem, contudo, prejudicar sua característica praticidade. A segunda etapa consistiu no teste da madeira plástica na ferramenta ISMAS já reformulada.

## 2.1 Definição dos novos critérios

O ISMAS, proposto inicialmente com uma estrutura conceitual composta por 30 critérios, foi posteriormente simplificado para somente 7 critérios, visto a verificação de inviabilidade de uma avaliação ampla concomitante ao processo de projeto (Bissoli-Dalvi, 2014). Para a definição dos elementos fundamentais, foram considerados os aspectos de maior relevância, através de uma minuciosa análise das agendas ambientais no âmbito global (Conferência..., 1995), nacional (Agenda 21..., 2004), local (Plano..., 2006; Agenda..., 2008), além de informações da Agenda 21 *on Sustainable Construction* (International, 1999), e da Agenda 21 *for Sustainable Construction in Developing Countries* (Agenda 21..., 2002).

O resultado dessa análise culminou no estabelecimento de duas principais categorias de avaliação: Economia de Matérias Primas e Geração e Gestão de Resíduos. Tal recorte foi efetuado considerando, principalmente, que o ISMAS estava sendo desenvolvido visando a aplicação especialmente para a realidade do Estado do Espírito Santo, embora fosse também perceptível que as prioridades estabelecidas para esse recorte territorial específico também seriam adequadas à maioria dos estados brasileiros. Contudo, verificou-se também que embora os critérios estabelecidos já auxiliassem o projetista na escolha de materiais mais sustentáveis, não eram suficientes para garantir uma escolha com maior embasamento conceitual. Assim, atendendo à necessidade de manutenção da característica praticidade da ferramenta, buscou-se inserir novos critérios que permitissem uma avaliação mais abrangente e adequada ao conceito de sustentabilidade.

Neste aspecto, foram percorridas 3 etapas. Na etapa 1 foi realizado um levantamento dos critérios relacionados ao tema materiais adotados nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade reconhecidas no Brasil e mundialmente, que são: AQUA - Alta Qualidade Ambiental (Fundação..., 2007); ASUS - Avaliação de Sustentabilidade (Alvarez; Souza, 2011); BEAM PLUS (HK-BEAM..., 2004); BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Assessment Method* (BREEAM, 2009); CASBEE - *Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency* (Japan..., acesso em 15 jan. 2016); GREEN STAR (GREEN..., 2008); HQE - *Haute Qualité Environnementale* (Guide..., 2011); LEED - *Leadership in Energy & Environmental Design* (LEED, 2009); SBAT - *Sustainable Building Assessment Tool* (Council..., acesso em 16 jan. 2016); e SBTOOL - *Sustainable Building Tool* (International... 2007).

Observa-se que os vários métodos existentes possuem particularidades, apresentando variações principalmente em relação às peculiaridades de cada lugar (BISSOLI-DALVI, 2014). Os dados obtidos foram complementados com o estudo das ferramentas de suporte para a seleção de materiais, tais como ATHENA (ATHENA, acesso em 12 jan. 2016); BEES (Lippiatt; Greig; Lavappa, 2009); DESIGN INSITE (DESIGN, 1996); ECO-IT (ECO-IT, acesso em 13 jan. 2016); ECO-QUANTUM (ECO-QUANTUM, acesso em 13 jan. 2016); ENVEST (Environmental..., acesso em 14 jan. 2016); GABI (GABI, acesso em 17 jan. 2016); MATERIA BRASIL (Materia, 2013); MATERIAL CONNEXION (Material..., 1997); MAT WEB (MATWEB, acesso em 16 jan. 2016); SIMA PRO (SIMAPRO, acesso em 12 jan. 2016); e STYLE PARK (STYLEPARK, 2007).

A lista com a seleção e sistematização das informações extraídas das duas fontes principais de pesquisa resultou em 52 critérios passíveis de serem utilizados na seleção de materiais. Optou-se por adotar como parâmetro de seleção o percentual de repetições dos critérios

nas referências analisadas na etapa 1, pressupondo que a maior quantidade de repetições significa a maior importância dada ao respectivo tema em relação aos demais. Assim, a etapa 2 consistiu na retomada da proposta inicial de estruturação da ferramenta ISMAS, onde constam os 30 critérios iniciais (Bissoli-Dalvi, 2014, p.117).

Na etapa 3 foi realizada a análise comparativa entre os 50 critérios obtidos na primeira etapa com os 30 propostos originalmente no ISMAS. O método de análise foi estabelecido a partir da frequência de ocorrência de um critério nas ferramentas de avaliação ambiental e nas ferramentas de auxílio na seleção de materiais, sendo então detectada a possibilidade de inclusão de 10 novos critérios à estrutura inicial do ISMAS, chegando-se a um quantitativo de 40.

Foram considerados relevantes os critérios que se repetiam em mais de 60% das ferramentas estudadas. Assim, a possibilidade de inclusão de um novo critério no ISMAS foi condicionada ao percentual de vezes em que este se repetiu nos estudos realizados. A etapa 4 consistiu em relacionar os 13 critérios que mais se repetiram nos estudos realizados considerando os três eixos fundamentais da sustentabilidade (social, econômico e ambiental) com o contexto das Agendas 21, agora com uma abordagem também ampliada (economia de matérias primas, geração e gestão de resíduos, redução do consumo de energia, eliminação ou redução das emissões atmosféricas e promoção da economia local e/ou geração de empregos). Sendo assim, através do recorte estabelecido, chegou-se a 4 critérios a serem adicionados à nova formatação da ferramenta ISMAS. Observa-se que a estrutura da ferramenta ISMAS é composta por critérios, cada qual com seu peso (de acordo com sua relevância e influência, nível e marcas de referência), que vão indicar, ao final, a pontuação obtida, ou seja, o índice de sustentabilidade do material.

### **3. RESULTADOS**

#### **3.1 Reformulação da Ferramenta ISMAS**

A versão inicial do ISMAS possui sete critérios, que são: 1) É possível ser reaproveitado e adaptado para diferentes usos; 2) É renovável; 3) Dispensa materiais adicionais para acabamento; 4) Possui elementos reciclados; 5) A durabilidade independe da manutenção e ocasiona baixo impacto; 6) Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento; 7) Favorece a baixa geração de resíduos. Após a etapa de reformulação da ferramenta, quatro novos critérios foram adicionados aos existentes, chegando-se a um total de onze critérios: 8) Utiliza o mínimo possível de água no processo de industrialização; 9) A procedência do material está próxima a obra; 10) Utiliza o mínimo possível de energia para produção; 11) Regularidade das empresas junto ao Governo Federal (Tab. 1). Com os novos critérios e os pesos redefinidos, a etapa seguinte foi determinar conceitualmente as marcas de referência, caracterizadas por uma abordagem qualitativa e por contribuir para reduzir os impactos provocados pelos materiais de construção, bem como impulsionar a sustentabilidade em diferentes aspectos (Bissoli-Dalvi, 2014). Os sete critérios já existentes e detalhadamente explicitados em Bissoli-Dalvi (2014) foram complementados com os conceitos propostos para os quatro novos critérios.

#### **Critério 8: Utiliza o mínimo possível de água no processo de industrialização**

Apesar de não ser considerado um material no contexto da construção civil, a água exerce papel fundamental na construção de qualquer tipo de edificação, do início ao fim do empreendimento. Ela é um dos componentes mais importantes na produção dos diversos materiais de construção, tais como argamassas, polimento de porcelanato e cura do concreto (Souza, 2015). Estima-se que a quantidade de água gasta por m<sup>2</sup> de área construída é de 0.20 a 0.25 m<sup>3</sup> (Rocha et al., 2011). Por ser a água um recurso limitado, é importante atentar para a quantidade utilizada não apenas em obra como, também, nas etapas de fabricação do material. Além disso, deve-se avaliar se essa água é descartada ou se é passível de ser reaproveitada.

#### **Critério 9: A procedência do material está nas distâncias preestabelecidas**

A distância entre o local de produção, de compra e de uso de um material pode variar consideravelmente, e quanto maior essa distância, mais impactos podem surgir. O uso de materiais locais favorece a redução das distâncias com o transporte, contribuindo também com a redução dos custos com energia incorporada, por exemplo, além do incentivo à economia local (Roaf; Fuentes; Thomas, 2009). Considerando que a ferramenta ISMAS tem como objetivo auxiliar o projetista na escolha dos materiais a serem utilizados, e levando em conta que a ferramenta busca ser rápida, simples e prática, de acordo com a realidade da região metropolitana de Vitória, foram estabelecidas relações de distância entre a capital do Espírito Santo, Vitória, e as demais localidades. A dificuldade em analisar todo o ciclo de vida do material desde a extração de todas as matérias primas até sua destinação final, na obra, fez surgir a necessidade de um recorte, sendo aqui considerada a etapa de produção do material até o destino onde será utilizado.

#### **Critério 10: Utiliza o mínimo de energia para produção**

Foi levado em consideração que, para um material ser produzido é necessário o uso de energia e que a matriz energética brasileira é maioritariamente proveniente das usinas hidrelétricas, ou seja, da água – um recurso finito – para sua produção. Sabendo também da dificuldade de mensurar a quantidade de energia gasta na produção e transporte do material até a obra, o ISMAS escolheu uma etapa de recorte que levou em consideração a etapa de produção do material para avaliar esse critério. Dessa forma, é preferível o uso de materiais que não necessitem, ou que precisem muito pouca energia na etapa de produção.

#### **Critério 11: Regularidade das empresas junto ao Governo Federal**

Incentivar o cumprimento dos direitos previdenciários do trabalhador e a não evasão fiscal são fatores relevantes para o cumprimento da função social que uma empresa deve oferecer (Alvarez; Souza, 2011). No Brasil, o Cadastro Nacional de Pessoas Jurídicas – CNPJ da Receita Federal é a identificação fiscal de entidades comerciais, ou prestadoras de serviço para o cumprimento das obrigações contributivas resultantes dos rendimentos auferidos de lucros. Ao consultar o CNPJ de uma empresa, é possível averiguar se uma empresa está em situação regular em relação às contribuições previdenciárias e aos débitos fiscais (Consulta CNPJ..., acesso em 30 maio 2016). A formalidade das organizações favorece o respeito aos direitos dos trabalhadores e à legislação ambiental, contribuindo com a melhoria da qualidade ambiental (Bissoli-Dalvi, 2014). Outra forma de avaliar a regularidade é através da Certidão Conjunta Negativa de Débitos Relativos a Tributos Federais e à Dívida Ativa da União. Essa certidão pode ser obtida na internet através do

número de CNPJ da empresa; ela serve para comprovar que a empresa está em condição regular em relação a Receita Federal e à dívida ativa da União (Certidão..., acesso em 09 jun. 2016).

Tabela 1. Estrutura reformulada do ISMAS

<b>Critério</b>	<b>Peso</b>	<b>Nível</b>	<b>Marcas de referência</b>
<b>1- É possível ser reaproveitado e adaptado para diferentes usos</b>	<b>1</b>	-1	O material não pode ser reaproveitado e adaptado a diferentes usos
		0	O material pode ser reaproveitado e adaptado para diferentes usos, contudo requer processamento industrial
		1	É possível ser reaproveitado com mínimo processamento
<b>2- É renovável</b>	<b>4</b>	-1	Os elementos que constituem o material e são de fonte renovável ou abundantes estão presentes em quantidades mínimas
		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
<b>3- Dispensa materiais adicionais para acabamento</b>	<b>0,5</b>	-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 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
<b>4- Possui elementos reciclados</b>	<b>4</b>	-1	Não possui elementos reciclados em sua composição
		0	Possui elementos reciclados em sua composição oriundos do mesmo material
		1	Possui elementos reciclados em sua composição oriundos de outros materiais
<b>5- A durabilidade independe de manutenção e ocasiona baixo impacto</b>	<b>1</b>	-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 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
<b>6- Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento</b>	<b>1</b>	-1	Não atendimento aos requisitos mínimos estabelecidos para o nível 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
<b>7- Favorece a baixa geração de resíduos</b>	<b>1</b>	-1	Não atendimento ao requisito mínimo estabelecido para o nível 0
		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
<b>8- Utiliza o mínimo possível de água no processo de industrialização</b>	<b>2</b>	-1	Utiliza água no processo de industrialização e não é passível de ser reaproveitada
		0	Utiliza água no processo de industrialização, porém a mesma pode ser reaproveitada
		1	Não utiliza água no processo de industrialização
<b>9- A procedência do material está próximo da obra</b>	<b>4</b>	-1	O material é produzido a uma distância superior a 500 km do local de uso
		0	O material é produzido a uma distância entre 300 e 500 km do local de uso
		1	O material é produzido a uma distância de, no máximo, 300 km do local de uso
<b>10- Utiliza o mínimo possível de energia para produção</b>	<b>4</b>	-1	Consumo alto de energia para produção
		0	Consumo médio de energia produção
		1	Consumo baixo de energia para produção
<b>11- Regularidade das empresas junto ao Governo Federal</b>	<b>1</b>	-1	A empresa não possui CNPJ*
		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**

- Em destaque, na cor cinza, os novos critérios com os respectivos pesos e marcas de referências

\* 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/ATSPPO/Certidao/CndConjuntaInter/InformaNICertidao.asp?ti po=1>

### 3.2 Teste com a Madeira Plástica

Ao realizar o teste com a madeira plástica (Tab. 2), foi possível reavaliar o resultado por meio da nova versão do ISMAS. Nos testes anteriores, o material havia obtido o nível “elevado” e neste teste atual, a pontuação numérica foi de 0.27, o que representa um índice de sustentabilidade “alto”. A diferença entre o nível elevado e o nível alto, obtido nesse teste está relacionado a três critérios que tiveram resultados diferentes de 1 na avaliação do material. Esses critérios referem-se as matérias primas do material – que não possui apenas materiais renováveis em sua composição - (Critério 2), da distância de procedência do (Critério 9) e ao uso de energia elétrica na etapa de produção (Critério 10), e assim o material não atingiu a pontuação máxima nesses critérios.

Tabela 2. Teste com a madeira plástica

Critérios	Peso	Teste WPC	Comentários
1- É possível ser reaproveitado e adaptado para diferentes usos	1	1	Todas as partes do material podem ser reaproveitadas e adaptadas
2- É renovável	4	0	Possui matérias primas renováveis e não renováveis na sua composição
3- Dispensa materiais adicionais para acabamento	0,5	1	Não necessita de materiais para acabamento
4- Possui elementos reciclados	4	1	Possui plástico reciclado em sua composição
5- A durabilidade independe de manutenção e ocasiona baixo impacto	1	1	A manutenção é feita apenas pela limpeza, sem a necessidade de materiais adicionais e atende a NBR 15575 – que exige o cumprimento da Vida Útil de Projeto
6- Favorece a desmontagem visando o reaproveitamento	1	1	Possui apenas encaixe mecânico, o que possibilita aproveitar todas as partes na desmontagem
7- Favorece a baixa geração de resíduos	1	1	O material é pré-fabricado, favorecendo a baixa geração de resíduos na obra
8- Utiliza o mínimo possível de água no processo de industrialização	2	1	Utiliza água apenas para resfriamento das peças e a água pode ser reaproveitada
9 - A procedência do material está próximo da obra	4	-1	O material ainda não é produzido, apenas comercializado próximo a região Região Metropolitana da Grande Vitória. A empresa selecionada para o recorte está a 550 km de distância do local
10- Utiliza o mínimo de energia para produção	4	0	Utiliza de máquina elétrica (extrusora) para produção
11- Regularidade das empresas junto ao Governo Federal	1	1	A empresa selecionada para o recorte possui CNPJ e não possui débito relativo a tributos federais e à dívida ativa da União

### 4. CONCLUSÃO

Os resultados mostram que a reformulação da ferramenta ISMAS, com a adição de novos critérios, aprimora o potencial de avaliação sem, necessariamente, incluir aspectos que possam exigir conhecimentos avançados do utilizador. A verificação da eficácia dessa reformulação se deu através do teste realizado com a madeira plástica. Os novos critérios não alteraram os princípios bases da ferramenta, ou seja, de ser um instrumento com critérios claros e acessíveis para os diferentes tipos de usuários. Destaca-se ainda o fato de que mesmo a ferramenta tendo sido criada para a região do Espírito Santo, ela é passível de



ser utilizada em outras regiões do Brasil, desde que os aspectos considerados de maior relevância no recorte territorial estabelecido sejam mantidos para outras localidades e que sejam levados em conta as peculiaridades e restrições de cada lugar. Considerando as diferenças territoriais, conseqüentemente os resultados de um mesmo material podem variar conforme a região. O resultado do teste com a madeira plástica expôs o fato de que é difícil atingir a máxima sustentabilidade. Apesar de não ter alcançado o mesmo resultado obtido nos testes anteriores, o material ainda apresenta características apreciáveis e vantajosas para o quesito sustentabilidade. O teste também reforça a importância da seleção de materiais com base em fundamentos e conceitos sustentáveis e que quanto mais critérios são levados em consideração, maior é o rigor para avaliar a sustentabilidade.

## 5. 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.

## REFERÊNCIAS

- 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 21 for sustainable construction in developing countries: a discussion document*. Pretoria. South Africa: CIB & UNEP-IETC. 2002.
- Agenda Vitória: plano estratégico até 2028*. Vitória, 2008. Disponível em: <[http://www.vitoria.es.gov.br/seges.php?pagina=agenda\\_vitoria\\_oquee](http://www.vitoria.es.gov.br/seges.php?pagina=agenda_vitoria_oquee)>. Acesso em: 18 abr. 2016.
- American Society For Testing And Materials. *D883: standard terminology relatín to plastics*. 2012. ASTM International, West Conshohocken, 2013.
- Athena Sustainable Materials Institute*. Disponível em: <<http://www.athenasmi.ca/index.php>>. Acesso em: 18 abr. 2016.
- Alvarez, C. E. De; Souza, A. D. S. (Coord.). *Ferramenta ASUS: Referencial Teórico*. Disponível em: <<http://lpp.ufes.br/sites/lpp.ufes.br/files/field/anexo/Referencial-Teorico.pdf>>. Acesso em: 24 mar. 2016.
- B. Lippiatt, A.L.; Greig, Lavappa, P. *Bees*, Online, 2009.
- Bissoli-Dalvi, M. ISMAS: *A sustentabilidade como premissa para a seleção de materiais*. Concepción - Chile, 2014.
- Bissoli-Dalvi, M.; Nico-Rodrigues, E.; Alvarez, C.E.; Fuica, E. S. Montarroyos, D. C. G. *The sustainability of the materials under the approach of ISMAS. Construction and Building Materials*, 106, 357-363 doi:10.1016/j.conbuildmat.2015.12.030, 2015.
- Bortolini, G. G.; Bissoli-Dalvi, M.; Alvarez, C. E. *A identidade visual nas ferramentas de avaliação de sustentabilidade: ênfase no ISMAS*. Euro ELECS - Latin- American and European Conference of Sustainable Buildings and Communities, Guimarães, 21-24 Julho 2015.
- BREEAM: *The world's leading design and assessment method for sustainable buildings*. Disponível em: <<http://www.breeam.org/>>. Acesso em: 15 abr. 2016.
- Calkins, M. *Materials for sustainable sites: a complete guide to the evaluation, selection, and use of sustainable materials*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- Cellura, M., Longo, S., & Mistretta, M. (2011). *The energy and environmental impacts of Italian households consumptions: an input-output approach*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8, 3897-3908. doi: 10.1016/j.rser.2011.07.025.
- Certidão Conjunta Negativa de Débitos Relativos a Tributos Federais e à Dívida Ativa da União*. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2010/01/como-emitir-certidao-conjunta-negativa-de-debitos-relativos-a-tributos-federais-e-a-divida-ativa-da-uniao>> Acesso em: 09 jun. 2016.
- Cerway. *HQE: Haute Qualité Environnementale*. Disponível em: <<http://www.behqe.com/>>. Acesso em: 15 abr. 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.

*Consulta CNPJ de Empresas*. Disponível em: <<http://www.cnpjbrasil.com/>>. Acesso em: 30 maio 2016.

Design Insite: *The designer's guide to manufacturing*. 1996. Disponível em: <<http://www.designinsite.dk>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

*Eco-IT*. Disponível em: <<http://www.pre-sustainability.com/eco-it>>. Acesso em: 13 jan. 2016.

*Eco-Quantum: life cycle and greenhouse gas assessment*. Disponível em: <<http://ecoquantum.com.au/index.html>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

*Environmental impact assessment and whole life cost*. Disponível em: <<http://envestv2.bre.co.uk/account.jsp>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

Fernandes, J. L.; Mussi, J. A. O.; Miranda, R. D.; Silva, C. A. S.; Charles, M. R. Um estudo de caso de sustentabilidade aplicada à construção civil conforme etiquetagem do programa PBE – Edifica. *Revista Augustus*. Rio de Janeiro, v. 20, n. 40, p. 28-45, jul./dez. 2015. Disponível em: <<http://apl.unisuam.edu.br/revistas/index.php/revistaaugustus/article/view/19811896.2015v20n40p28>>. Acesso em: 31 mar. 2016.

Fundação Carlos Alberto Vanzolini. 2007. *Referencial técnico de certificação Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA: Escritórios e Edifícios escolares*. São Paulo: FCAV.

GaBi Software: A product sustainability performance solution by PE International. Disponível em: <<http://www.gabi-software.com/brazil/index/>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

Green Building Council of Australia. *GREENSTAR*. Disponível em: <<http://www.gbca.org.au/greenstar/>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

Guerra, A.; Santos, S. R. *Iniciativa Solvin 2008: arquitetura sustentável*. São Paulo: Romano Guerra Editora, 2008.

International Council for Research and Innovation in Building and Construction (Ed.). *Agenda 21 on Sustainable Construction*. CIB Report Publication 237. Rotterdam: CIB, 1999.

Japan Green build Council: *Japan Sustainable Building Consortium*. 2008. *The assessment method employed by CASBEE*. Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2016.

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, mai, 2012.

*LEED 2009 for new Construction and Major Renovation*. 2009. Washington: U.S. Acesso em: 15 abr. 2016 Building Council.

*Materia Brasil*. 2013. Disponível em: <<http://www.materiabrasil.com/explore/material>>. Acesso em 18 abr 2016.

*Material Connexion*. 1997. Disponível em: <<http://www.materialconnexion>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

MatWeb: *The Online Materials Information Resource*. Disponível em: <<http://www.matweb.com/index.aspx>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

Molina, J.C.; Carreira, M. R.; Junior, C. C. *Análise do comportamento mecânico de perfis retangulares de madeira plástica (Wood Plastic Composite)*. *Revista Minerva – Pesquisa & Tecnologia*. V. 6, n. 1, p. 47-57, out. 2014 .

Najafi, S. K.; Hamidina, E.; Tajvidi, M. *Mechanical properties of composites from sawdust and recycled plastics*. *Journal of Applied Polymer Science*, v. 100, n. 5, p. 3641- 3645, 5 jun. 2006.

Plano de desenvolvimento Espírito Santo 2025: carteira de projetos estruturantes - Espírito Santo: Macroplan, 2006. v.8.

Roaf, S.; Fuentes, M.; Thomas, S. *Ecohouse: a casa ambientalmente sustentável*. Tradução de Alexandre Salvaterra. 3ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

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: 18 abr. 2016.

*Stylepark*. 2007. Disponível em: <<http://www.stylepark.com/es/material>>. Acesso em: 18 abr. 2016.