

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL**

VINÍCIUS FREISLEBEN BERNARDI

**A SUSTENTABILIDADE COM A RECUPERAÇÃO E VALORIZAÇÃO DE CACOS
E CASQUEIROS PROVENIENTES DE MÁRMORE E GRANITO**

VITÓRIA
2014

VINÍCIUS FREISLEBEN BERNARDI

**A SUSTENTABILIDADE COM A RECUPERAÇÃO E VALORIZAÇÃO DE CACOS
E CASQUEIROS PROVENIENTES DE MÁRMORE E GRANITO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, na área de concentração em Sustentabilidade.

Orientador: Prof. Dr. Alvim Borges da Silva Filho

VITÓRIA
2014

VINÍCIUS FREISLEBEN BERNARDI

**A SUSTENTABILIDADE COM A RECUPERAÇÃO E VALORIZAÇÃO DE CACOS
E CASQUEIROS PROVENIENTES DE MÁRMORE E GRANITO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável, na área de concentração em Sustentabilidade.

Aprovada em de de 2014.

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Alvim Borges da Silva Filho
Orientador - UFES

Prof. Dr. Renato Ribeiro Siman
Examinador Interno - UFES

Prof.^a Dr.^a Teresa Cristina Janes Carneiro
Examinador Externo - UFES

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

B523s Bernardi, Vinícius Freisleben, 1986-
A sustentabilidade com a recuperação e valorização de cacos e casqueiros provenientes de mármore e granito / Vinícius Freisleben Bernardi. – 2014.
102 f. : il.

Orientador: Alvim Borges da Silva Filho.
Dissertação (Mestrado em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Sustentabilidade – Avaliação. 2. Indicadores. 3. Resíduos. 4. Gestão ambiental. 5. Mármore. 6. Granito. 7. Bibliometria. I. Silva Filho, Alvim Borges da. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

Dedico este trabalho a minha família, minha companheira e parceira, colaboradores da Resitech Gerenciamento Ambiental e amigos evolutivos pelo apoio, carinho e principalmente pela paciência e compreensão.

AGRADECIMENTOS

A minha companheira e dupla evolutiva, Lorena, pelo incansável e incondicional apoio nesta minha trajetória de aceleração da história pessoal.

A meu orientador Alvim Borges da Silva Filho, pela confiança, paciência, por todas as orientações sempre assertivas.

Ao Fundo de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo - FAPES, pelo fornecimento da bolsa de pesquisa tão importante ao desenvolvimento do trabalho.

Aos professores do curso de Pós-Graduação e colegas de turma 2012/2 pela convivência e apoio no dia a dia.

À banca examinadora: Prof^a. Dr^a. Teresa Cristina Janes Carneiro e Prof. Dr. Renato Ribeiro Siman pela disponibilidade e atenção ao meu trabalho.

Às empresas participantes deste estudo, pela atenção e informações importantes à pesquisa.

"Sem comunicação interconscencial não é possível a evolução da consciência."

(Waldo Vieira)

RESUMO

O objetivo da presente pesquisa foi avaliar como o processo de recuperação e valorização de resíduos contribui para a sustentabilidade corporativa. Para tanto, foi avaliada a gestão sustentável de cacos e casqueiros da indústria de beneficiamento de mármore e granito. As principais contribuições do trabalho foram a seleção de indicadores de sustentabilidade com base conhecimento científico já produzido e a avaliação da sustentabilidade na recuperação e valorização de resíduos, nesta pesquisa cacos e casqueiros oriundos de mármore e granito, por meio dos indicadores selecionados na primeira parte do estudo. Metodologicamente, foi feita uma pesquisa bibliométrica da produção científica sobre indicadores de sustentabilidade, que enfocou a gestão de resíduos para definir o instrumental de avaliação da sustentabilidade na gestão de resíduos de mármore e granito. Na sequência foi implementado um diagnóstico da geração de cacos e casqueiros compilando-se informações primárias sobre o manejo desses resíduos e aplicados os indicadores selecionados na pesquisa bibliométrica para avaliar os reflexos da recuperação e valorização de cacos e casqueiros na sustentabilidade da indústria de mármore e granito. Foram utilizadas quatro empresas na pesquisa primária, duas serrarias (S1 e S2) e duas marmorarias (M1 e M2). Esta pesquisa fornece informações relevantes sobre a produção científica acerca do tema avaliação da sustentabilidade, sistematizando dados importantes na gestão de resíduos e os impactos da recuperação e valorização de cacos e casqueiros nas empresas do setor de mármore e granito.

Palavras-chave: sustentabilidade, avaliação da sustentabilidade, indicadores, gestão de resíduos, mármore e granito, pesquisa bibliométrica, cacos e casqueiros.

ABSTRACT

The purpose of the present survey was to assess the contribution from the recovery and valorization of wastes to the corporate sustainability. Therefore, the sustainable management of rests from marble and granite industry was assessed. This work contributes mainly through the sustainability indicators selection from the current scientific knowledge and the sustainability assessment by means of the indicators selected in the first part in the recovery and valorization of marble and granite residues. Methodologically, a bibliometric review on the scientific production about sustainability indicators has been carried out focusing wastes management, in order to select tools to assess the marble and granite wastes management's sustainability. Next, the wastes generation was diagnosed in a compilation of primary information about wastes-handling using the indicators selected in the bibliometric review to assess the impact of rests-recovery and -valorization in the marble and granite industry. Two wood businesses (S1 and S2) and two marble businesses (M1 and M2) have been selected for this study. This research provides relevant information about the scientific production on the subject sustainability assessment, systemizing important data regarding wastes management and the impacts of wastes management in marble and granite businesses.

Key-words: sustainability, sustainability assessment, indicators, wastes management, marble and granite, bibliometric review, marble and granite wastes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cadeia de beneficiamento de mármore e granito, com suas respectivas tecnologias normalmente utilizadas e resíduos gerados. Produção de chocolate ...	16
Figura 2 - Mosaico.....	17
Figura 3 - Seixo.....	17
Figura 4 - Casqueiro Beneficiado.....	17
Figura 5 - Brita.....	17
Figura 6 - Fluxograma da metodologia Proknow-C.....	25
Figura 7 – Número de publicações científicas relevantes sobre avaliação da sustentabilidade de 1994 a 2014 conforme metodologia Proknow-C.....	28
Figura 8 - Número absoluto de publicações científicas por periódico.....	29
Figura 9 - Número absoluto de publicações científicas por autor.....	30
Figura 10 - Número absoluto de publicações científicas por filiação.....	31
Figura 11 - Número absoluto de publicações científicas por país.....	31
Figura 12 - Número absoluto de publicações científicas por área de aplicação.....	32
Figura 13 - Número absoluto de publicações científicas por objetivo da pesquisa ...	32
Figura 14 - Casqueiro da serragem do bloco de mármore e granito.....	63
Figura 15 - Caco do corte e acabamento de chapas de mármore e granito.....	64
Figura 16 - Carrinho utilizado na medição da geração de cacos nas marmorarias...	64
Figura 17 - Tara do carrinho para medição da geração de cacos nas marmorarias .	64
Figura 18 - Resultados da medição do volume do casqueiro nas serrarias.....	67
Figura 19 - Exemplo de serragem de blocos "inteiros".....	68
Figura 20 - Resultados da medição do caco nas marmorarias.....	69
Figura 21 - Fluxo de produtos e resíduos na recuperação de cacos de M01.....	70
Figura 22 - Produto 1 fabricado com casqueiro.....	70
Figura 23 - Produto 2 fabricado com casqueiro.....	70
Figura 24 - Produto 3 fabricado com casqueiro.....	71
Figura 25 - Produto 4 fabricado com casqueiro.....	71
Figura 26 - Mosaico fabricado com caco.....	71
Figura 27 - Seixos fabricados com caco.....	71
Figura 28 - Brita decorativa fabricada com caco.....	71
Figura 29 - Granilha fabricada com caco.....	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais metodologias e referências de avaliação da sustentabilidade ..	33
Tabela 2 - Principais sistemas de indicadores e referências para avaliação da sustentabilidade	34
Tabela 3 - Principais índices de sustentabilidade e referências para avaliação da sustentabilidade.	35
Tabela 4 - Detalhamento dos artigos focados na seleção de indicadores	35
Tabela 5 - Quantidade de artigos por área de aplicação da avaliação da sustentabilidade	36
Tabela 6 - Detalhamento das dimensões da sustentabilidade utilizadas nas pesquisas.....	36
Tabela 7 - Exemplo de análise dos indicadores utilizado por Vinyes, E. <i>et al.</i> (2013).....	37
Tabela 8 - Detalhamento dos indicadores ambientais utilizados e proposição de indicadores para gestão de resíduos do mármore e granito	38
Tabela 9 - Detalhamento dos indicadores econômicos utilizados e proposição de indicadores para gestão de resíduos do mármore e granito	39
Tabela 10 - Detalhamento dos indicadores sociais utilizados e proposição de indicadores para gestão de resíduos do mármore e granito	40
Tabela 11 - Referências de pesquisas dos resíduos da indústria do mármore e granito	56
Tabela 12 - Referência de pesquisas da reutilização de rejeitos de caco e casqueiro.	57
Tabela 13 - Indicadores da dimensão ambiental.....	65
Tabela 14 - Indicadores da dimensão econômica.....	65
Tabela 15 - Indicadores da dimensão social.....	66
Tabela 16 - Escala de pontuação para avaliação da sustentabilidade.....	66
Tabela 17 - Exemplo de análise dos indicadores utilizado por Vinyes, E. <i>et al.</i> (2013).....	67
Tabela 18 - Respostas da entrevista <i>on line</i>	72
Tabela 19 - Respostas da entrevista <i>on line</i>	73
Tabela 20 - Avaliação da sustentabilidade das indústrias de beneficiamento de mármore e granito	76

LISTA DE SIGLAS E/OU SÍMBOLOS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
FAPES	Fundação de Amparo a Pesquisa do Espírito Santo
kg	Quilograma
LabMCDA	Laboratório de Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão
m ³	Metro Cúbico
TON	Tonelada
%	Porcentagem

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS.....	17
1.1.1	Objetivo Geral	17
1.1.2	Objetivos Específicos	17
1.2	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	19
2	ARTIGO 1 - DEFINIÇÃO DOS INDICADORES PARA GESTÃO SUSTENTÁVEL DE CACOS E CASQUEIROS	20
	Resumo	21
	Abstract	22
2.1	INTRODUÇÃO.....	23
2.1.1	Metodologia Proknow-c	24
2.1.2	Pesquisa Bibliométrica	25
2.2	MÉTODO.....	26
2.3	RESULTADO.....	28
2.3.1	Bibliometria Básica	28
2.3.2	Bibliometria Específica	31
2.3.3	Avaliação da Sustentabilidade & Resíduos	35
2.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	41
2.5	REFERÊNCIAS.....	42
3	ARTIGO 2 - AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE NA RECUPERAÇÃO DE CACOS E CASQUEIROS DO BENEFICIAMENTO DE MÁRMORE E GRANITO ..	51
	Resumo	52
	Abstract	53
3.1	INTRODUÇÃO.....	54
3.1.1	Resíduos da Indústria de Mármore e Granito	56
3.1.2	Avaliação da Sustentabilidade na Gestão de Resíduos	57
3.2	METODOLOGIA.....	59
3.2.1	Critérios para Seleção da Amostra	60
3.2.1.1	Serraria 01 - S1.....	61
3.2.1.2	Serraria 02 - S2.....	61
3.2.1.3	Marmoraria 01 - M1.....	61
3.2.1.4	Marmoraria 02 - M2.....	62
3.2.2	Pesquisa de Campo	62
3.2.3	Entrevista <i>On Line</i>	64
3.2.4	Avaliação da Sustentabilidade	65
3.3	RESULTADOS.....	67
3.4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	77
3.5	REFERÊNCIAS.....	79
4	CONCLUSÃO	84
5	REFERÊNCIAS	88
6	APÊNDICE I	100

1 INTRODUÇÃO

Globalmente é debatida a necessidade das atividades humanas migrarem para modelo de desenvolvimento mais adequado em relação à sustentabilidade, ou seja, ampliar o desenvolvimento sustentável. O conceito de desenvolvimento sustentável foi apresentado há mais de duas décadas no relatório "Nosso Futuro Comum", em 1987, também conhecido como Relatório Brundtland (BRUNDTLAND, 1991).

Segundo o Relatório Brundtland (1991), o desenvolvimento sustentável almeja satisfazer as demandas da atual geração sem prejudicar a capacidade das futuras de atenderem suas necessidades. Ou seja, utilizar equilibradamente os recursos naturais, proporcionando às pessoas a qualquer tempo um nível satisfatório de desenvolvimento social, econômico e cultural.

Nesse cenário de mudanças para posturas mais sustentáveis, destacamos o setor de beneficiamento de mármore e granito, em especial as empresas do Espírito Santo. Esse Estado é o principal produtor, processador e exportador de rochas ornamentais do Brasil. Responde por praticamente metade da produção e das exportações do País. Também concentra mais da metade do parque industrial brasileiro (ESPÍRITO SANTO, 2013).

O beneficiamento de mármore e granito atravessa diversas etapas de produção. Nessa cadeia produtiva, conforme Figura 1, destacam-se as etapas: serragem dos blocos em chapas; polimento das chapas; e corte das chapas (desdobramento) em peças, pisos, balcões, móveis, etc.

Conforme Rajgor & Pitroda (2013), a Indústria de beneficiamento de rochas ornamentais gera grande quantidade de resíduos. Ressalte-se que na etapa do beneficiamento, como observado na Figura 1, ocorre expressiva geração de cacos e casqueiros. Cacos e casqueiros são rejeitos como: fragmentos de rocha bruta; chapas quebradas e retalhos.

Figura 1: Cadeia de beneficiamento de mármore e granito, com suas respectivas tecnologias normalmente utilizadas e resíduos gerados.



Fonte: Produzido pelo autor;

Para o gerenciamento adequado de resíduos, a regra geral é a disposição final dos rejeitos em aterro sanitário, aterro industrial e estações "bota-fora" para entulhos. Bacarji *et al.* (2013) confirmam que a maioria dos resíduos são depositados em aterros, apesar de já existirem estudos em muitos países para transformar resíduos de mármore e granito em material sustentável.

Bacarji *et al.* (2013) também afirmam que o setor de beneficiamento de mármore e granito se desenvolveu em uma estrutura desorganizada, encontrando sérias dificuldades em modernizar-se para competir em uma economia global e se organizar de uma forma profissional e sustentável. Uma das opções para mudar essa realidade é recuperar e valorizar resíduos, proporcionando cenários favoráveis para estimular os empresários a encaminhar seus resíduos para a disposição final mais adequada, ou, ainda, gerar emprego e renda na transformação dos resíduos em matéria-prima ou mercadorias acabadas.

Recuperação e valorização dos resíduos pode colaborar com a sustentabilidade das empresas sob o aspecto da geração de emprego e renda. As Figuras 2, 3, 4 e 5 apresentam alguns produtos produzidos com resíduos de cacos e casqueiros.

Figura 2: Mosaico.**Figura 3: Seixo.****Figura 4: Casqueiro Beneficiado****Figura 5: Brita**

A recuperação de rejeitos da indústria do beneficiamento de mármore e granito é estudada há anos. Porém, esses trabalhos buscam praticamente soluções para a disposição final da lama abrasiva gerada na serragem e polimento. A valoração de cacos e casqueiros torna-se aos poucos uma etapa do beneficiamento de mármore e granito, faltando, contudo, informações sistematizadas quanto à gestão dessa valoração, bem como os reflexos na sustentabilidade da indústria. Rajgor & Pitroda (2013) em seu estudo constataram a viabilidade da conversão de resíduos de rochas, inicialmente sem valor agregado, tornando-a valiosa. Assim temos o seguinte problema de pesquisa: **Como gerenciar os resíduos de cacos e casqueiros para alavancar a sustentabilidade no beneficiamento de mármore e granito?**

A originalidade do estudo é alcançada ao sistematizar uma metodologia de construção de indicadores de sustentabilidade que migra o conhecimento científico para ser aplicado na avaliação da sustentabilidade. Também é inovadora ao correlacionar a avaliação da sustentabilidade via indicadores com a recuperação e valorização de resíduos em geral. Além de original, a pesquisa é relevante pelos seguintes aspectos: i) compilação da produção científica sobre avaliação da sustentabilidade aplicada à gestão de resíduos; ii) sistematização das informações sobre o manejo e recuperação de cacos e casqueiros; iii) identificação dos principais produtos fabricados com resíduos de mármore e granito; e iv) aplicação de metodologia simplificada e eficiente para avaliação da sustentabilidade das empresas de beneficiamento do mármore e granito.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Estabelecer uma metodologia para avaliar o impacto na sustentabilidade da gestão de resíduos.

1.1.2 Objetivos Específicos

Para tal, foram explorados os seguintes objetivos específicos:

- Definição de indicadores de sustentabilidade para avaliação da sustentabilidade da gestão de resíduos de mármore e granito;
- Diagnosticar a gestão de cacos e casqueiros na indústria de beneficiamento de mármore e granito.
- Avaliar o impacto da recuperação de cacos e casqueiros na sustentabilidade da indústria de beneficiamento de mármore e granito.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação foi assim estruturada:

Esta pesquisa está relatada sob a forma de uma dissertação onde o capítulo 1 é a introdução do trabalho. O desenvolvimento da pesquisa é relatado em dois capítulos sob a forma de artigos, e a conclusão da pesquisa é feita no capítulo 4. Assim, O Capítulo 1 introduz ao tema da pesquisa e apresenta os objetivos principal e específicos. No Capítulo 2 é apresentado o Artigo 1 – Definição dos Indicadores para Gestão Sustentável de Cacos e Casqueiros. No capítulo 3 é apresentado o Artigo 2 - Avaliação dos impactos da gestão de cacos e casqueiros na sustentabilidade da indústria do mármore e granito. Enfim, o capítulo 4 contém as conclusões do trabalho; seguido das referências bibliográficas e do apêndice I.

DEFINIÇÃO DOS INDICADORES PARA GESTÃO SUSTENTÁVEL DE CACOS E CASQUEIROS

Resumo

O presente artigo tem por objetivo selecionar indicadores de sustentabilidade para a gestão sustentável de cacos e casqueiros gerados na indústria de mármore e granito. A principal contribuição do trabalho é a sistemática utilizada para o processo de escolha dos indicadores. Essa seleção primeiramente avaliou o conhecimento já produzido pelas pesquisas científicas na área da avaliação da sustentabilidade e posteriormente adequou os indicadores já utilizados para a realidade a ser aplicada. Avaliam-se os artigos publicados em periódicos sobre a avaliação da sustentabilidade, com foco especial no levantamento das principais ferramentas utilizadas para mensurar a sustentabilidade na gestão de resíduos. Para tanto, foi realizada análise bibliométrica dos artigos científicos publicados em periódicos entre 1994 e 2014. A análise bibliométrica foi aplicada a um portfólio bibliográfico selecionado com auxílio da metodologia Proknow-C. Como resultado da primeira fase do estudo, quantificaram-se dados bibliométricos como: principais pesquisadores, periódicos com mais publicações sobre o tema, principais instituições, número de publicações por país, aplicabilidade das pesquisas e os principais tipos de estudos. A segunda fase do trabalho apontou as principais informações sobre os artigos de avaliação da sustentabilidade na gestão de resíduos. Ao final, selecionou-se os indicadores de sustentabilidade aplicados nas empresas de beneficiamento de mármore e granito, bem como a metodologia de análise dos dados mensurados.

Palavras-Chave: Avaliação da Sustentabilidade, Pesquisa Bibliométrica, Proknow-C, Indicadores de Sustentabilidade, Índice de Sustentabilidade.

INDICATORS SELECTION FOR THE SUSTAINABLE MANAGEMENT OF MARBLE- AND GRANITE-WASTES

Abstract

The present paper has the purpose of selecting sustainability indicators for the sustainable management of wastes generated in the marble and granite industry. The main contribution of this work is the indicators-selection system. This selection has evaluated first the knowledge already produced by the scientific researches in the area of sustainability. Then, the indicators already in use were adapted to the reality to be handled with. The papers published in journals on sustainability assessment have been evaluated, focusing specially the main tools to score the wastes-management sustainability. Therefore, a bibliometric analysis was performed in a bibliographic portfolio selected through the Proknow-C methodology. As a result from the study's first phase, data like the following were quantified: main researchers, journals with more publications on the theme, main institutions, publications number by country, researches' applicability, and the main kinds of studies. The study's second phase gathered the main information from the papers on wastes-management sustainability. Finally, the sustainability indicators used in marble and granite businesses have been selected, along with the methodology for the analysis of the scored data.

Key-words: sustainability assessment, bibliometric review, Proknow-C, sustainability indicators, sustainability index.

2.1 INTRODUÇÃO

A transição da Sociedade para a sustentabilidade é tarefa complexa. Tal complexidade deve-se à diversidade de interações sociais, ambientais, econômicas e culturais. Para compreender e monitorar essa transição para posturas mais sustentáveis, crescem as pesquisas de ferramentas de avaliação da sustentabilidade.

Segundo Morrison-Saunders *et al.* (2014), avaliar a sustentabilidade exige abordagem de acompanhamento integrado, interdisciplinar e adaptável, passível de envolver as partes interessadas na tentativa de compreender e gerir colaborativamente os impactos do desenvolvimento na promoção de resultados sustentáveis.

Pode-se avaliar a sustentabilidade de uma atividade ou processo através da composição de indicadores de sustentabilidade e a mensuração de índices de sustentabilidade. Para Staniskis e Arbaciauskas (2009), os indicadores de sustentabilidade permitem avaliação sistemática do desempenho informando adequadamente os tomadores de decisão. Enquanto os índices de sustentabilidade, segundo Milanez (2002), são grupos de indicadores relevantes combinados a partir de cálculos matemáticos com dados agrupados indicados para determinar valor global capaz de expressar diversos fenômenos de maneira sintética e simples.

O presente artigo se propõem selecionar indicadores de sustentabilidade a serem aplicados a gestão de resíduos de mármore e granito, bem como a metodologia de análise dos dados mensurados. Para tanto, selecionou-se um portfólio bibliográfico de artigos científicos publicados em periódicos entre 1994 e 2014 para posterior análise bibliométrica e seleção dos indicadores. Como fontes de artigos científicos, utilizou-se três bases distintas: *Web of Science* e *Science Direct*.

A necessidade de propor uma nova metodologia de seleção de indicadores para esse estudo foi identificada quando se verificou a impossibilidade de aplicar ferramentas disponíveis como o sistema de indicadores proposto pelo Instituto Ethos e o da *Global Reporting Initiative* (GRI). Essa constatação também foi confirmada após os resultados desse artigo, onde não foram observados sistemas de

indicadores passíveis de serem aplicados na avaliação da sustentabilidade da gestão sustentável de cacos e casqueiros do mármore e granito.

2.1.1 Metodologia *Proknow-c*

A construção do conhecimento acerca do tema-alvo da pesquisa é necessária a qualquer trabalho científico. Afonso *et al.* (2011) ilustram com clareza a importância da revisão da literatura como ponto de partida para qualquer estudo:

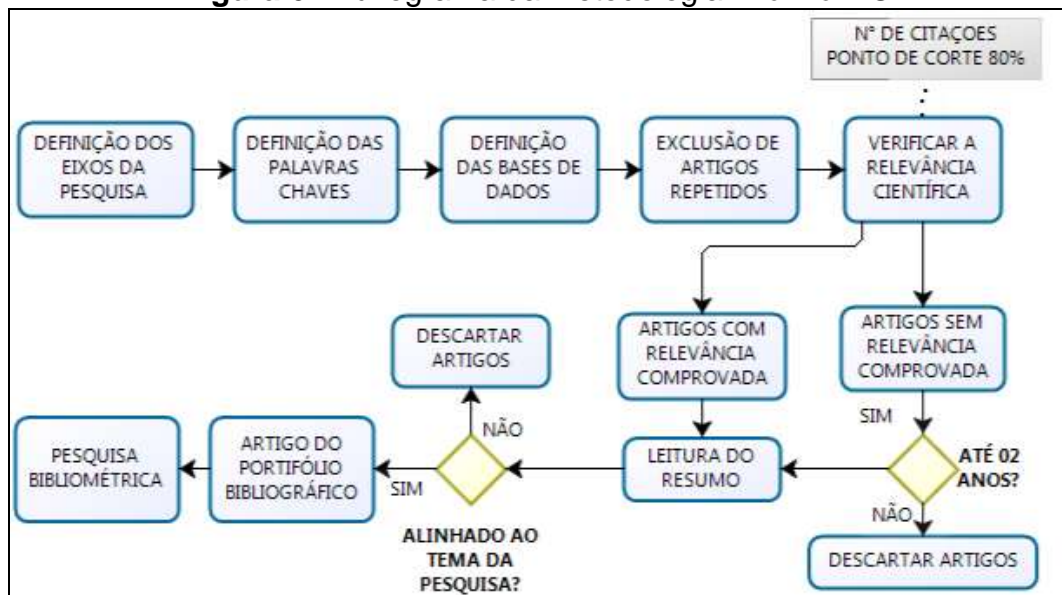
O primeiro passo do pesquisador na busca por desenvolver um trabalho e construir conhecimento em determinado contexto, geralmente, se inicia pela revisão da literatura acerca do tema. A revisão da literatura ocupa posição introdutória no desenvolvimento de um projeto de pesquisa e retoma o conhecimento científico acumulado sobre o tema (AFONSO *et al.*, 2011, p. 48).

Uma das ferramentas disponíveis para a busca de produções científicas para compor a revisão da literatura é o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). No referido portal, o pesquisador pode acessar diversos estudos publicados em periódicos nacionais e internacionais.

Pela elevada quantidade de trabalhos disponíveis, importa utilizar metodologia que sistematize a seleção de publicações relevantes ao tema de pesquisa. Desenvolvido pelo Laboratório de Metodologias Multicritério em Apoio à Decisão (LabMCDA), a metodologia *Proknow-C* atende esse objetivo. Apesar de eficiente, a metodologia possui como principal limitação a subjetividade das escolhas do pesquisador.

Segundo Vilela (2012), revisão da literatura com *ProKnow-C* possibilita a sistematização da atividade, apesar de certa subjetividade na seleção dos artigos quanto ao alinhamento com o tema de pesquisa. A Figura 6 apresenta o procedimento para construção do portfólio bibliográfico.

Figura 6: Fluxograma da metodologia *Proknow-C*.



Fonte: Adaptado de Afonso (2011).

2.1.2 Pesquisa Bibliométrica

A pesquisa bibliométrica é metodologia focada em quantificar informações da produção científica sobre determinado tema. A bibliometria e a cientometria possibilitam construir indicadores da produção científica de indivíduos, áreas de conhecimento e países (SILVA *et al.*, 2011).

Informações como: *Quais os principais autores que publicam sobre o tema? Quais os principais periódicos publicam pesquisas sobre o tema? Quais instituições de pesquisa estudam o tema? Quais metodologias foram utilizadas em pesquisas na mesma área?* Possibilitam ao pesquisador compilar a revisão de literatura buscando como fonte de conhecimento produções científicas estritamente relacionadas ao seu tema de pesquisa. E, principalmente, poderá avaliar se o estudo a ser desenvolvido propõe, de fato, inovação científica.

A pesquisa acadêmica funda-se em revisões teóricas consistentes, ou seja, análise crítica de trabalhos publicados sobre dado tema. Essa análise possibilita levantar o que já foi publicado sobre o tema e mapear quem escreveu e o que foi escrito, apoiando novos trabalhos. Ademais, a revisão da literatura permite que se saiba, dentre todos os trabalhos publicados, quais são os principais no tema (MUNIZ JR, 2011)

E ainda, a pesquisa bibliométrica beneficia-se da padronização de procedimentos de medição dos dados pesquisados, traduzindo as informações relevantes em pesquisas científicas que embasarão outros estudos (ROZA *et al.*, .2011).

2.2 MÉTODO

O presente artigo se propõem selecionar indicadores de sustentabilidade a serem aplicados a gestão de resíduos. Para tanto, a primeira etapa da pesquisa foi a seleção do portfólio bibliográfico para posterior análise bibliométrica. Como fontes de artigos científicos, utilizou-se três bases distintas: *Web of Science*, *Science Direct* e *Scopus*.

Definidas as bases, estabeleceram-se as palavras-chave para busca de artigos. Visando ampliar o estudo, utilizaram-se as expressões "*Sustainability Indicator*", "*Sustainability Index*", "*Sustainability Assessment*". Inicialmente foram encontrados 4008 artigos científicos. Todas as referências foram exportadas para um gerenciador *on line* de referências bibliográficas. A ferramenta utilizada foi o *End Note Web*.

Após importação das referências bibliográficas para o *End Note Web*, foi verificada a existência de artigos repetidos na amostra inicial, com o recurso "Encontrar Duplicados" da ferramenta eletrônica. Tal conferência é importante, uma vez que o mesmo artigo pode estar disponível em mais de uma base. Assim, do total de referências, 1707 eram referências bibliográficas repetidas, restando 2301 artigos para triagem pela leitura do título.

Para a etapa de leitura de títulos, consideraram-se referências alinhadas ao objetivo da pesquisa todos os artigos indicando em seu título, mesmo que sutilmente, avaliação e quantificação da sustentabilidade. Assim, selecionaram-se 1276 artigos, desconsiderando-se 1025.

Os 1276 artigos foram divididos entre dois grupos: no grupo 1, os artigos com relevância científica comprovada, e no 2 os artigos sem relevância científica comprovada. Após a pesquisa do número de citações no *Google Scholar* para cada um dos 1276 artigos, quantificaram-se 30.937 citações. Assim, os artigos que

representaram 80% do total de citações enquadraram-se no grupo 1 (290 artigos); os demais, no 2 (986 artigos), para posterior filtragem pelo ano de publicação.

O grupo 1 está apto à filtragem de artigos por leitura dos resumos. No grupo 2 foram selecionados para leitura de resumos todos os com menos de dois anos de publicação (2014 e 2013), totalizando 185 artigos.

Foram lidos 475 resumos de artigos. Procedeu-se então à última verificação em relação ao enquadramento dos artigos no tema central da pesquisa: avaliação da sustentabilidade. Assim, 78 artigos foram excluídos do portfólio bibliográfico, restando 397.

Como última etapa do processo de seleção do portfólio bibliográfico, para posteriormente ser submetido ao processo de bibliometria, foi verificada a disponibilidade do artigo no formato completo no Portal de Periódicos da CAPES. Do total, 117 não estavam disponíveis no seu formato completo e por isso foram desconsiderados. O portfólio bibliográfico incluiu 280 artigos sobre avaliação da sustentabilidade.

A segunda etapa da pesquisa foi a quantificação bibliométrica dos artigos do portfólio bibliográfico considerou sete parâmetros. Essa quantificação foi dividida em Bibliometria Básica onde mensurou-se: Publicações por Ano, Publicações por Periódico, Publicações por Autor, Publicações por Instituição, Publicações por País; e Bibliometria Específica, na qual quantificou-se: Publicações por Área de Aplicação e, finalmente, Publicações por Tipo da Pesquisa.

Ressalte-se que a quantificação de publicações por área de aplicação considerou onde a avaliação da sustentabilidade foi aplicada (Agricultura, Empresas, Energia, etc.). A quantificação de publicações por objetivo da pesquisa exigiu categoriar os artigos em 6 grupos: pesquisas que apresentam de modo geral metodologia para avaliação da sustentabilidade ("Geral"), artigos que desenvolveram e aplicaram indicadores para medir a sustentabilidade ("Indicadores"), que desenvolveram e aplicaram índices para medir a sustentabilidade ("Índice"), que desenvolveram e aplicaram modelos matemáticos para medir a sustentabilidade ("Modelagem"), publicações focadas em revisar ferramentas para avaliação da sustentabilidade

("ferramentas") e em apresentar metodologias para composição e seleção de indicadores de sustentabilidade ("Seleção de Indicadores").

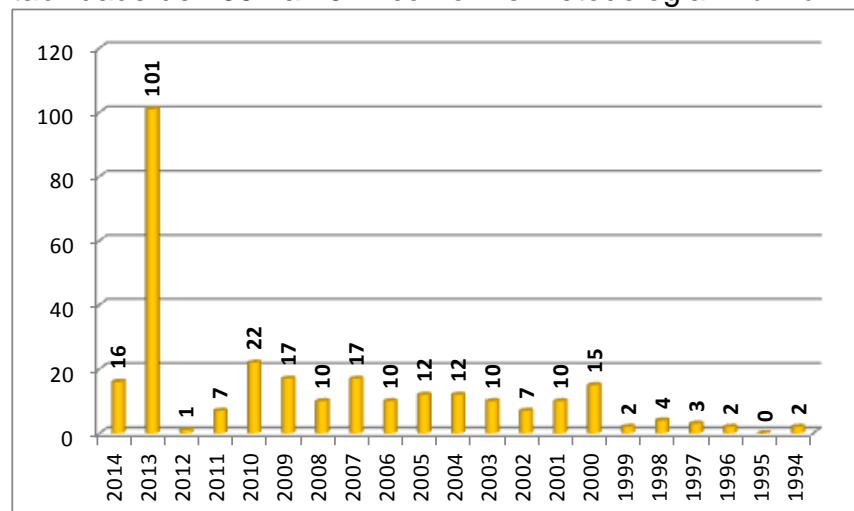
A terceira etapa da pesquisa foi o aprofundamento nas pesquisas sobre avaliação da sustentabilidade na gestão de resíduos. Foram utilizados os 9 artigos sobre avaliação da sustentabilidade na gestão de resíduos selecionados no portfólio bibliográfico. Para tanto, analisou-se as áreas de aplicação das pesquisas, as principais dimensões da sustentabilidade e os principais indicadores ambientais, econômicos e sociais utilizados nas pesquisas. Com a análise dos indicadores, bem como da realidade da gestão de resíduos de mármore, foram propostos os indicadores de sustentabilidade utilizados na avaliação do CAPÍTULO 3. Também foi identificada metodologia para analisar os indicadores de sustentabilidade também utilizado no item supracitado.

2.3 RESULTADOS

2.3.1 Bibliometria Básica

Seguem-se os resultados da quantificação bibliométrica do portfólio bibliográfico. Ao analisar a quantidade de publicações científicas por ano (Figura 7), observam-se em 2013 101 artigos científicos.

Figura 7: Número de publicações científicas relevantes sobre avaliação da sustentabilidade de 1994 a 2014 conforme metodologia *Proknow-C*.

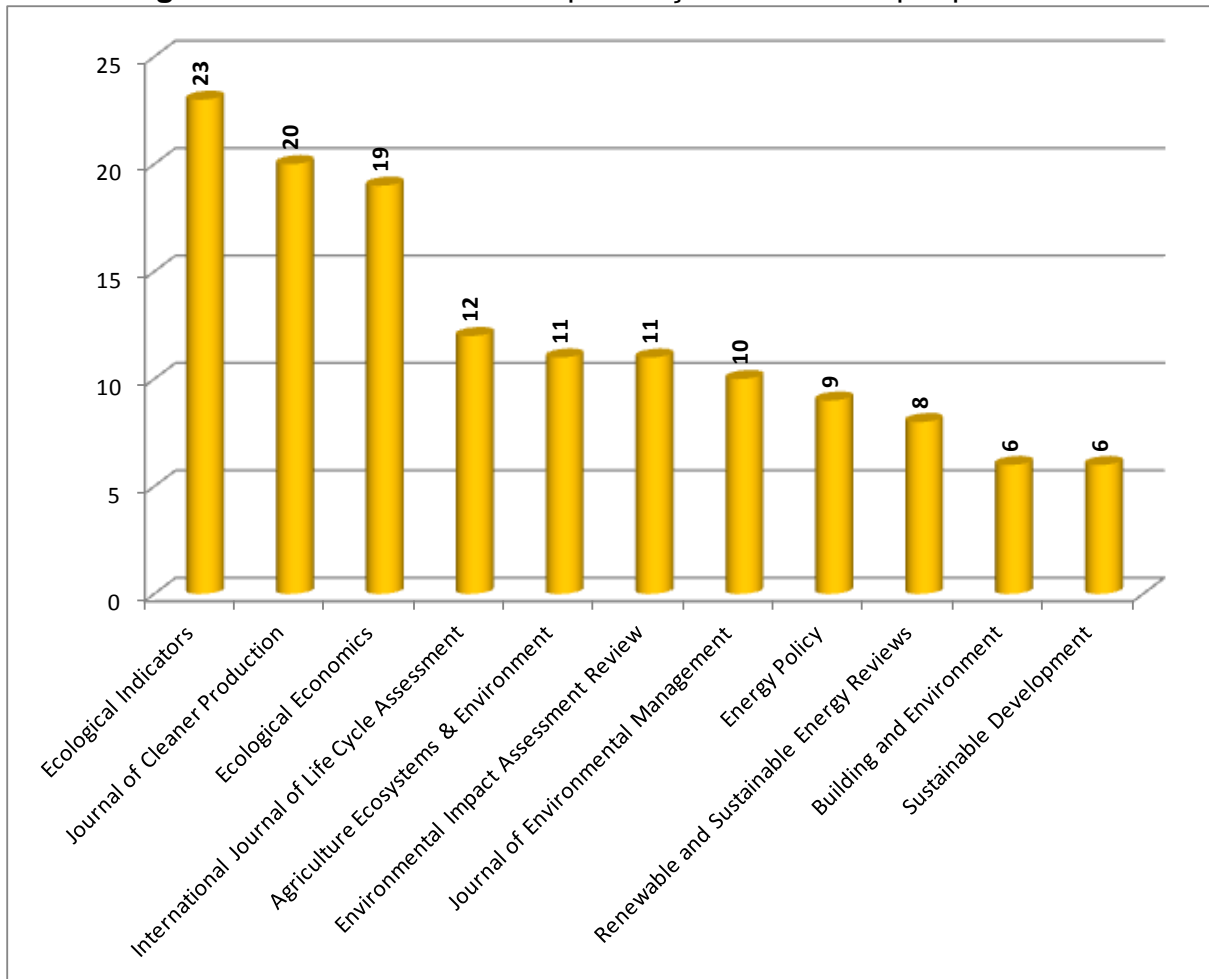


Fonte: Produzido pelo autor;

Pelos valores acima, a produção científica entre os 20 anos estudados aumentou gradativamente desde 1994, tendo 2013 como ano com maior publicação de artigos. O ano 2012 apresentou apenas uma publicação, não representando a realidade para a produção científica desse ano, pois grande maioria dos artigos foi desconsiderada devido à metodologia de seleção do portfólio bibliográfico Proknow-C (artigos sem relevância científica comprovada).

Dentre os periódicos com mais artigos publicados sobre o tema, destacam-se as revistas "*Ecological Indicators*" com 23 publicações, "*Journal of Cleaner Production*" com 20 artigos e "*Ecological Economics*" com 19 publicações científicas (Figura 8). Ressalte-se que as pesquisas foram publicadas em 133 periódicos diferentes.

Figura 8: Número absoluto de publicações científicas por periódico.



Fonte: Produzido pelo autor;

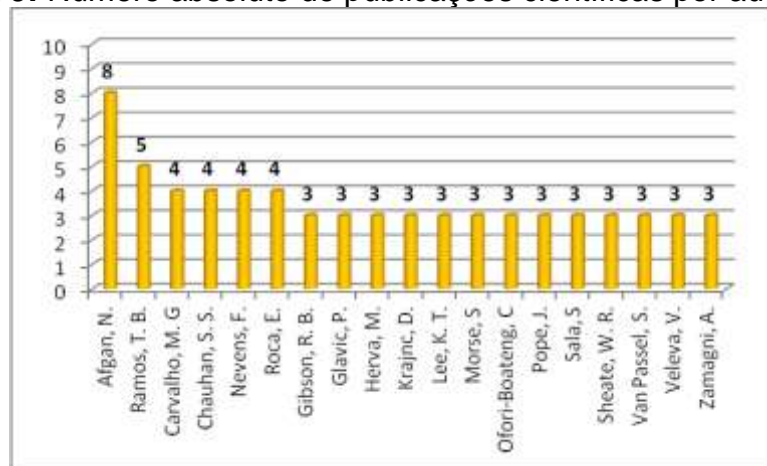
Uma questão importante quanto aos principais periódicos apontados acima é a diversidade de seus públicos alvo. O periódico "*Ecological Indicators*" dedica-se em

integrar o monitoramento e avaliação de indicadores ecológicos e ambientais com as práticas de gestão. Já o "*Journal of Cleaner Production*" serve como um fórum transdisciplinar internacional para o intercâmbio de informação e investigação de conceitos, políticas e tecnologias projetadas para ajudar a garantir o progresso no sentido de tornar as sociedades e regiões mais sustentáveis e o "*Ecological Economics*" está preocupado com a ampliação e integração do estudo e gestão da ecologia e economia.

Quanto a análise dos principais autores que publicaram sobre o tema avaliação da sustentabilidade (figura 9) podemos destacar o pesquisador Naim H. Afgan com 8 publicações. O pesquisador Tomás B. Ramos publicou 5 artigos. Outros quatro pesquisadores publicaram 4 artigos cada, são eles: Maria G Carvalho, Satyaveer S. Chauhan, Frank Nevens e Eduardo Roca. É válido ressaltar que o portfólio bibliográfico foi composto com 955 autores.

Do mesmo modo que os periódicos, os principais autores publicaram suas pesquisas também em áreas diversas. Naim H. Afgan e Maria G Carvalho publicaram pesquisas na área de sustentabilidade e energias renováveis. Tomás B. Ramos relacionou a sustentabilidade com áreas diversas como bioenergia, políticas públicas, áreas marinhas protegidas e sistemas urbanos de abastecimento de água. Satyaveer S. Chauhan aplicou a avaliação da sustentabilidade em sistema de transporte público. Frank Nevens realizou pesquisas na área da agricultura e construção. Já Eduardo Roca nas áreas de turismo, análise de ciclo de vida e energia.

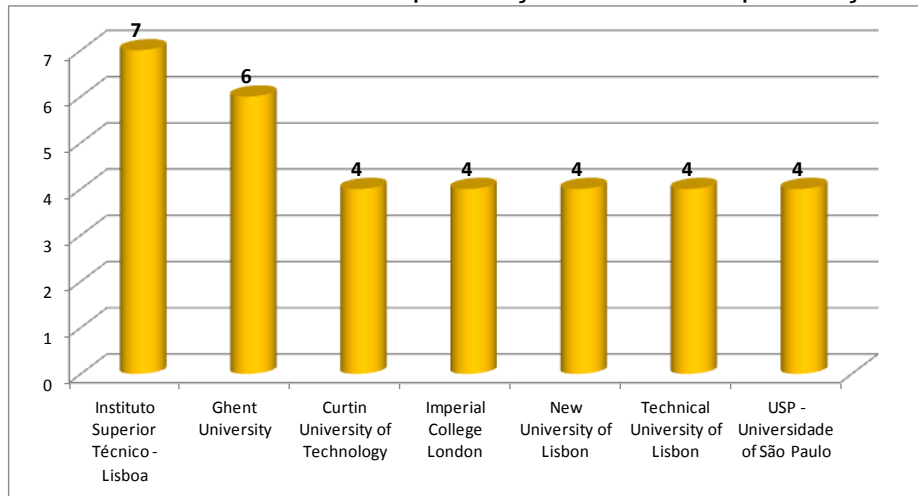
Figura 9: Número absoluto de publicações científicas por autor.



Fonte: Produzido pelo autor;

Com relação às instituições às quais os autores se filiam desenvolvendo suas pesquisas, destacam-se (Figura 10) o Instituto Superior Técnico de Lisboa com 7 publicações, sediado em Portugal; Ghent University com 6 publicações, Bélgica; e Curtin University of Technology, Austrália, Imperial College London, Reino Unido, New University of Lisbon e Technical University of Lisbon, em Portugal, e Universidade de São Paulo, com 4 publicações cada. Destaca-se ainda que o portfólio bibliográfico incluiu 479 instituições.

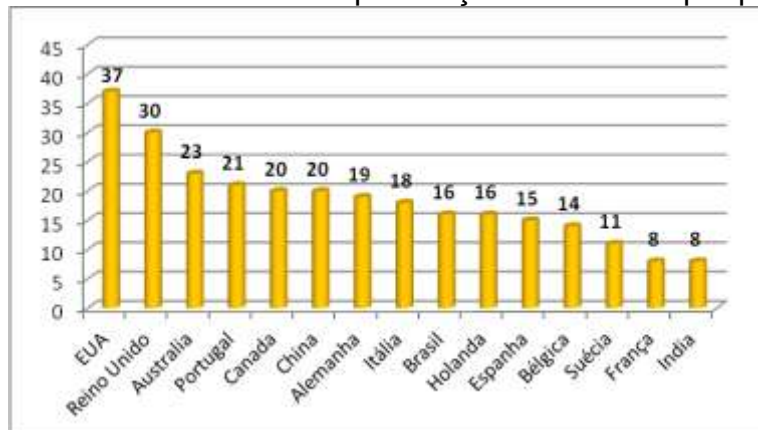
Figura 10: Número absoluto de publicações científicas por filiação.



Fonte: Produzido pelo autor;

Os países que mais publicaram (Figura 11) foram: Estados Unidos da América com 37 publicações, Reino Unido, 30, Austrália, 23, e Portugal, 21. Mesmo na quarta colocação, o desempenho de Portugal deve ser ressaltado por possuir três instituições entre as que mais publicam sobre o tema. Destaca-se também que o portfólio bibliográfico computou 52 países publicando pesquisas sobre avaliação da sustentabilidade.

Figura 11: Número absoluto de publicações científicas por país.

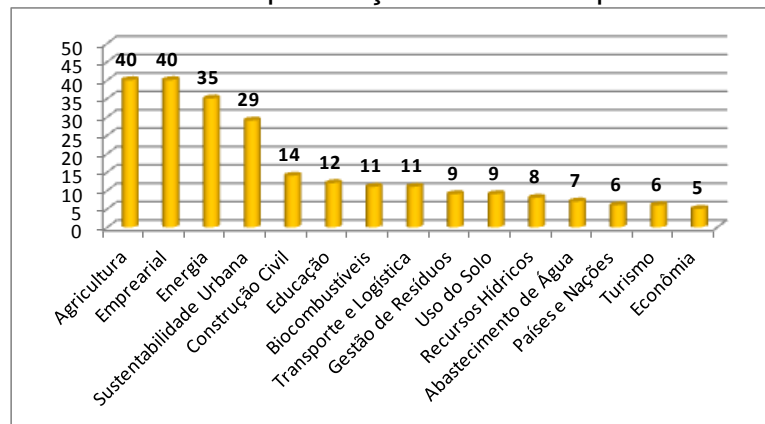


Fonte: Produzido pelo autor;

2.3.2 Bibliometria Específica

As pesquisas sobre avaliação da sustentabilidade, conforme o portfólio bibliográfico do presente artigo foram feitas em 34 áreas. A Figura 12 apresenta as 15 principais, destacando-se: Agricultura, com 40 artigos; Setor Empresarial, 40, Energia, 35, Sustentabilidade Urbana, 29, e Construção Civil, 14.

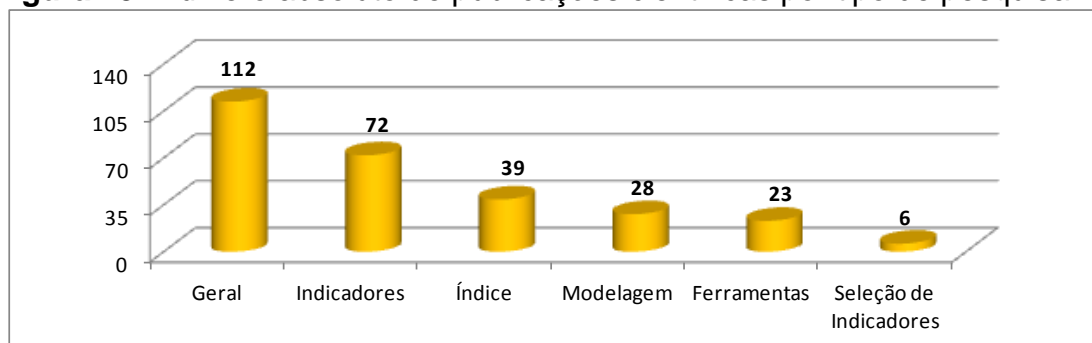
Figura 12: Número absoluto de publicações científicas por área de aplicação



Fonte: Produzido pelo autor;

A quantificação de publicações por tipo de pesquisa é apresentada na Figura 13. Dentre as seis categorias estabelecidas, destacamos a categoria "Geral" com 112 publicações, "Indicadores" com 72 artigos e "Índice" com 39. Observa-se que grande parte das pesquisas propõe e aplica metodologias das mais diversas para avaliar a sustentabilidade.

Figura 13: Número absoluto de publicações científicas por tipo de pesquisa.



Fonte: Produzido pelo autor;

Dentre essas metodologias, tabela 1, surgem três com maior número de aplicações nas pesquisas relatadas até agora: a análise do ciclo de vida (*Life Cycle Analysis (LCA)*), análise emergética (*Emergy analysis*) e a avaliação de multi-critério (*Multi-criteria Assessment*).

Tabela 1: Principais metodologias e referências de avaliação da sustentabilidade.

METODOLOGIA	AUTORES
<i>Active Pharmaceutical Ingredient (API)</i>	De Soete <i>et al.</i> (2013)
<i>Analytical Hierarchy Process (AHP)</i>	Awasthi & Chauhan (2011); Meyar-Naimi & Vaez-Zadeh (2013)
<i>Barometer of tourism sustainability (BTS)</i>	Ko (2005)
<i>Carbon Footprint (CF)</i>	De Soete <i>et al.</i> (2013)
<i>Cumulative Eco-Intensity</i>	Schmidt & Schwegler (2008)
<i>Early- Stage Sustainability Assessment Method</i>	Posada <i>et al.</i> (2013)
<i>Ecological Footprint</i>	Herva <i>et al.</i> (2008); Herva & Roca (2013); Siche <i>et al.</i> (2010); Saravia-Cortez <i>et al.</i> (2013)
<i>Emergy analysis</i>	Vega-Azamar <i>et al.</i> (2013), Ghisellini <i>et al.</i> (2014), Songa <i>et al.</i> (2013), Pulselli <i>et al.</i> (2007), Bastianoni <i>et al.</i> (2001), Bonilla <i>et al.</i> (2010), Wu <i>et al.</i> (2013), Pereira & Ortega (2010), Afgan & Carvalho (2004), Lipošćak <i>et al.</i> (2006), Pons & Fuente (2013), Erol <i>et al.</i> (2009), Huang & Hsu (2003)
<i>Exergy Analysis</i>	Maes & Passel (2014), De Soete <i>et al.</i> (2013); Draganovic <i>et al.</i> (2013)
<i>Fingerprint</i>	Tugnolia <i>et al.</i> (2008)
<i>Food Miles</i>	Passel (2013)
<i>Framework for Evaluating Sustainable Land Management (FESLM)</i>	Lefroy <i>et al.</i> (2000)
<i>Life Cycle Analysis (LCA)</i>	Heller <i>et al.</i> (2003); Sahey <i>et al.</i> (2005); Den Boer <i>et al.</i> (2007); Zhou <i>et al.</i> (2007); Silalertruksa & Gheewala (2009); Halog & Manik (2011); Brown <i>et al.</i> (2013); De Soete <i>et al.</i> (2013); Ibáñez-Forés <i>et al.</i> (2013); Lecorre <i>et al.</i> (2013); Lehmann <i>et al.</i> (2013); Sala <i>et al.</i> (2013a); Sala <i>et al.</i> (2013b); Santhanam & Gopalakrishnan (2013); Simões <i>et al.</i> (2013); Song <i>et al.</i> (2013); Vnyes <i>et al.</i> (2013); Yang <i>et al.</i> (2013); Edilmez <i>et al.</i> (2014)
<i>Multi-criteria Assessment</i>	Schetke & Haase (2008); Herva & Roca (2013); Infante <i>et al.</i> (2013); Ziout <i>et al.</i> (2013)
<i>Planning-Oriented Sustainability Assessment Framework (POSAM)</i>	Starkl <i>et al.</i> (2013)
<i>Sustainability Assessment of Farming and the Environment (SAFE)</i>	Cauwenbergh <i>et al.</i> (2007)
<i>Sustainability Indicators Malta Observatory (SI-MO)</i>	Cassar <i>et al.</i> (2013)
<i>Sustainability Solutions Navigator (SSN)</i>	Yang <i>et al.</i> (2013)
<i>Sustainable Building Tool (SBTool)</i>	Mateus & Bragança (2011)
<i>Sustainable Infrastructure, Land-use, Environment and Transport Model (SILENT)</i>	Yigitcanlar & Dur (2010)
<i>Sustaining Human Carrying Capacity (SHCC)</i>	Graymore <i>et al.</i> (2010)
<i>Water Footprint (WF)</i>	Vanham & Didoglio (2013)

Dentre os artigos que trabalharam com sistemas de indicadores de sustentabilidade, Tabela 2, verificou-se que se as pesquisas avaliaram a sustentabilidade em diversas áreas como na Agricultura, Turismo, Gestão de Recursos Hídricos, Comunidades, etc.

Tabela 2: Principais sistemas de indicadores e referências para avaliação da sustentabilidade.

SISTEMA DE INDICADORES	AUTORES
<i>Community Tourism Development (CTD)</i>	Choi & Sirakaya (2006)
<i>Composite Indicator (CI)</i>	Roy <i>et al.</i> (2014)
<i>Evaluative and Logical Approach to Sustainable Transport Indicator Compilation (ELASTIC)</i>	Castillo & Pitfield (2010)
<i>Global Reporting Initiative (GRI)</i>	Veleva <i>et al.</i> (2003); Azapagic (2004); Lozano (2006), Bastida-Ruiz <i>et al.</i> (2013)
<i>Indicators of Sustainable Production (ISPs)</i>	Veleva & Ellenbecker (2000); Veleva & Ellenbecker (2001)
<i>MOTIFS (Monitoring Tool for Integrated Farm Sustainability)</i>	Meul <i>et al.</i> (2009);
<i>SIDS Portugal</i>	Ramos & Caeiro (2010)
<i>SPSA (análise de sustentabilidade sistêmica e prospectiva)</i>	Bell & Morse (2004)
<i>Sustainability Indicator Systems (SIs)</i>	Schianetz & Kavanagh (2008); Ramos (2009); Mascarenhas <i>et al.</i> (2010); Holden (2013)
<i>Water Provision Resilience (WPR)</i>	Milman & Short (2008)

Verificou-se a aplicabilidade dos principais índices de sustentabilidade (Tabela 3) em diversas áreas, igual aos sistemas de indicadores. A diversificação de áreas da aplicação dos índices de sustentabilidade impossibilitou a confirmação de tendência, embora se destaque a aplicação de índices para mensurar o desempenho de corporações, gestão de recursos hídricos e agricultura.

É válido ressaltar que apenas 5 artigos se dedicaram a discutir o processo de seleção de indicadores de sustentabilidade (Tabela 4). Nenhum dos artigos aborda a gestão de resíduos. Essa condição impossibilitou a tentativa de utilizar uma metodologia já existente para medir os impactos da recuperação de cacos e casqueiros na sustentabilidade das empresas de mármore e granito. Assim, fica ainda mais evidente a necessidade de propor um novo conjunto de indicadores para a avaliação que se pretende explorar, a gestão sustentável de cacos e casqueiros.

Tabela 3: Principais índices de sustentabilidade e referências para avaliação da sustentabilidade.

ÍNDICES DE SUSTENTABILIDADE	AUTORES
<i>Agricultural Sustainability Index (ASI)</i>	Nourry (2008)
<i>Bovespa Corporate Sustainability Index</i>	Lourenço & Branco (2013)
<i>Composite Sustainability Performance Index (CSPI)</i>	Singh <i>et al.</i> (2007)
<i>Composite Sustainable Development Index (ICSD)</i>	Wu <i>et al.</i> (2013)
<i>Corporate Sustainability Index (ISE)</i>	Cunha & Samanez (2013)
<i>Dow Jones Sustainability World Index</i>	Oberndorfer <i>et al.</i> (2013); Panzone <i>et al.</i> (2013)
<i>Environmental Sustainability Index (ESI)</i>	Sands & Podmore (2000)
<i>Fossil Fuel Sustainability Index (FFSI)</i>	Ediger <i>et al.</i> (2007)
<i>Human Sustainable Development Index (HSDI)</i>	Bravo (2014)
<i>Index of Sustainable Development (ISUD)</i>	Schlör <i>et al.</i> (2013)
<i>Métier Sustainability Index (MSI25)</i>	Egilmeza <i>et al.</i> (2014)
<i>Product Sustainability Index (PSI)</i>	Schmidt & Butt (2006)
<i>Regional Sustainability Spatial Decision Support System (AIRS SDSS)</i>	Graymore <i>et al.</i> (2009)
<i>School-wide Universal Behavior Sustainability Index–School Teams (SUBSIST)</i>	Hume, A. A & Mcintosh, K (2013)
<i>Standardized Sustainability Index (SSEI)</i>	Schlör, H. <i>et al.</i> (2013)
<i>Sustainability Index for Integrated Urban Water Management (SIUWM)</i>	Carden, K. & Armitage, N.P (2013)
<i>The Watershed Sustainability Index</i>	Chaves, H. M. L & Alipaz, S. (2007)
<i>Underground Sustainability Index Rating (USIR)</i>	Ariaratnam, S. T <i>et al.</i> (2013)
<i>Waste LCA Based Sustainability Index (CWLSI)</i>	Ofori-Boateng, C. & Lee, K. T. (2014)

Tabela 4: Detalhamento dos artigos focados na seleção de indicadores.

AUTOR	BASE PARA SELEÇÃO DE INDICADORES
Sánchez & López (2010)	Normas técnicas e legislações para gestão de projetos
Huetting & Reijnders (2004)	Análise teórica de metodologias para avaliação da sustentabilidade
Pannel & Glen (2000)	Distinção entre indicadores para agricultores e gestores públicos com proposta de incluir o valor econômico de cada indicador
Rennings & Wiggering (1997)	Combinação de indicadores pra Strong Sustainability e Weak sustainability conforme literatura
Gilbert (1996)	Apresenta critérios para seleção de indicadores sustentabilidade baseados em 3 exemplos

2.3.3 Avaliação da Sustentabilidade & Resíduos

O presente tópico apresenta os resultados do detalhamento dos 9 artigos que abordaram a avaliação da sustentabilidade na gestão de resíduos. Em relação às áreas onde as pesquisas foram aplicadas (Tabela 5), observa-se que há um predomínio em avaliar a sustentabilidade no gerenciamento de resíduos urbanos, sendo 3 aplicados à gestão de resíduos urbanos como um todo e 2 focados especificamente na avaliação da sustentabilidade de sistemas de reciclagem.

Tabela 5: Quantidade de artigos por área de aplicação da avaliação da sustentabilidade

ÁREA DE APLICAÇÃO	QUANTIDADE
Gestão de Resíduos Urbanos	3
Sistemas de Reciclagem	2
Gestão de resíduos da agroindústria	1
Gestão de Resíduos de Construção e Demolição	1
Gestão de Resíduos de Óleo de Cozinha Usado	1
Gestão de Resíduos Eletrônicos	1

Dentre as dimensões da sustentabilidade (Tabela 6), é possível afirmar que a maioria das pesquisas relatadas nos 9 artigos que estamos tratando neste item avaliaram a sustentabilidade pelas dimensões ambiental, econômica e social. No entanto, observou-se que algumas pesquisas focaram apenas nos aspectos ambientais e econômicos. Ou ainda, focaram apenas na dimensão ambiental.

Tabela 6: Detalhamento das dimensões da sustentabilidade utilizadas nas pesquisas.

DIMENSÕES DA SUSTENTABILIDADE	QUANTIDADE
AMBIENTAL + ECONÔMICA + SOCIAL	5
AMBIENTAL + ECONÔMICA	2
AMBIENTAL	1
ADIMENSIONAL	1

Para realizar a avaliação da sustentabilidade que o presente artigo se propõem, torna-se necessário definir uma metodologia para avaliação dos dados. Aqui destaca-se a metodologia de Vinyes et al. (2013) para análise dos indicadores de sustentabilidade mensurados em 3 sistemas de coleta de óleo de cozinha usado. Este destaque é devido ao fato de que esta metodologia utilizada permite comparar diversos casos de gestão de resíduos. Primeiramente, para cada indicador a ser mensurado é determinado seu impacto na sustentabilidade (Positivo ou Negativo), ou seja, para os indicadores negativos, quanto maior o valor mensurado, menor a contribuição para a sustentabilidade, e o inverso para os indicadores positivos.

Conforme Vinyes et al. (2013), após mensurar cada indicador em todos os sistemas de coleta de óleo de cozinha usado, é determinada a contribuição percentual entre os casos estudados para cada valor mensurado. Definida a contribuição de cada indicador para todas as dimensões e casos, pode-se determinar pontuação de cada dado mensurado. Para isso usam-se duas escala diferentes, uma para os indicadores positivos e outra para os negativos. Segue-se escala de pontuação:

Pontuação indicador negativo (quanto maior o valor, menos sustentável):

0–20 % = 5, 21–40 % = 4, 41–60 % = 3, 61–80 % = 2, 81–100 % = 1

Pontuação indicador positivo (quanto menor o valor, mais sustentável):

0–20 % = 1, 21–40 % = 2, 41–60 % = 3, 61–80 % = 4, 81–100 % = 5

Atribuídas as pontuações, conforme exemplificado na Tabela 7, podem-se comparar os casos estudados por dimensão, ou pelo valor global. No exemplo o caso 1 obteve a maior pontuação; assim, esse caso é mais sustentável do que o 2.

Tabela 7: Exemplo de análise dos indicadores utilizado por Vinyes et al. (2013).

DIMENSÕES E INDICADORES			RESULTADOS		CONTRIBUIÇÃO		PONTUAÇÃO	
DIMENSÃO	INDICADORES	IMPACTO NA SUSTENTABILIDADE	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
AMBIENTAL	INDICADOR 1	Negativo	230	110	100%	48%	1	3
	INDICADOR 2	Positivo	57	21	100%	37%	5	2
	INDICADOR 3	Negativo	340	113	100%	33%	1	4
	INDICADOR 4	Positivo	210	300	70%	100%	4	5
	INDICADOR 5	Negativo	12	257	5%	100%	5	1
PONTUAÇÃO TOTAL							16	15

Além de uma metodologia de análise de dados eficiente, o processo de avaliação da sustentabilidade exige um conjunto de indicadores adequados à realidade a ser pesquisada. Dessa forma, para a seleção de indicadores específicos foi importante compreender o que os indicadores utilizados nos 9 artigos focados na avaliação da sustentabilidade na gestão de resíduos pretendiam medir. Após essa compreensão foi possível realizar o cotejo com a realidade a qual a avaliação da sustentabilidade a ser realizada promovendo adequações, supressões e sugestões de indicadores a serem utilizados.

A seguir é apresentado o detalhamento dos indicadores utilizados em cada uma das dimensões da sustentabilidade nos 9 artigos. Para a dimensão ambiental, tabela 8, foram identificados 25 indicadores, esses indicadores foram agrupados em 8 objetivos possibilitando assim a proposição indicadores para aplicação na indústria de mármore e granito.

Ainda em relação à tabela 8, observa-se que foram propostos 4 indicadores ambientais para avaliação da sustentabilidade na indústria do mármore e granito.

Vale ressaltar que nos 9 artigos selecionados em média foram utilizados 3 indicadores para essa dimensão. A não proposição de indicadores para 5 objetivos identificados se deu pela impossibilidade de aplicação dos cálculos matemáticos na realidade proposta.

Tabela 8: Detalhamento dos indicadores ambientais utilizados e proposição de indicadores para gestão de resíduos do mármore e granito.

INDICADORES UTILIZADOS	OBJETIVO DOS INDICADORES	INDICADORES PROPOSTOS
Alterações climáticas Aquecimento global Destruição da Camada de Ozônio	Alterações Climáticas e Aquecimento Global	Indisponibilidade de Dados
Danos ao ecossistema <i>Environmental loading ratio</i> <i>Energy sustainability</i> <i>Feedback ratio of yield energy</i> Danos aos Recursos abióticos Formação foto-oxidante	Danos aos Recursos Bióticos e Ecossistema	Indisponibilidade de Dados
Eutrofização	Danos aos Recursos Hídricos	% de Água Industrial Reciclada
Acidificação	Danos ao Solo	Indisponibilidade de Dados
Mitigação de emissões atmosféricas e efluentes em unidades de reciclagem de resíduos da construção civil Greenhouse gases emission mitigation intensity	Danos aos Recursos Atmosféricos	Indisponibilidade de Dados
Entrada energia renovável local Energia Local Não Renovável O total de energia necessária <i>Energy yield ratio</i>	Fonte e Consumo de Energia	Consumo Médio de Energia (Kwh/mês)
Total de Resíduos Enviados para Reciclagem Total de Resíduos Enviados para Compostagem Geração de Resíduos de Construção Civil Melhoria da Gestão de Resíduos nas Empresas	Geração, Tratamento e Disposição final do Resíduo	Geração Média de Lama Abrasiva (m ³ /mês) e Geração Média de Caco e Casqueiro (m ³ /mês)
Total de Resíduos Enviados para Aterro <i>Feedback energia</i> Ecotoxicidade Ambiental Toxicidade humana	Toxicidade Ambiental e Humana	Indisponibilidade de Dados

Para a dimensão econômica, tabela 9, foram identificados 22 indicadores distintos, esses indicadores foram agrupados em 6 objetivos possibilitando assim a proposição indicadores para aplicação na indústria de mármore e granito.

Tabela 9: Detalhamento dos indicadores econômicos utilizados e proposição de indicadores para gestão de resíduos do mármore e granito.

INDICADORES UTILIZADOS	OBJETIVO DOS INDICADORES	INDICADORES PROPOSTOS
Subsídios ou Subvenções por pessoa	Capitação de Subsídios	Total de Investimentos Subsidiados (R\$)
Consumo de Combustível	Consumo de Materiais e Combustível	Indisponibilidade de Dados
Consumo Interno de Material (DMC)		
<i>Energy exchange ratio</i>		
Recursos comprados		
Custo da Destinação de Resíduos da construção civil	Custo da Gestão dos Resíduos	Custo Médio para Destinação dos Resíduos (R\$/mês)
Custo do Ciclo de Vida		
Custo do combustível para fazer o transporte		
Custo líquido para operar e manter as instalações de reciclagem		
Custo na Fabricação de Recipientes		
Custo por pessoa / renda por pessoa.		
custo por pessoa em% do salário mínimo por pessoa;		
Custo por tonelada ou por família ou por pessoa (para WMS inteiras e por subsistema)		
Despesa do sistema municipal de gestão de resíduos em relação ao PIB (%)		
Salário conforme categorias patronais		
Mitigação Emissão CO2	Custos com Mitigação Ambiental	Total de Investimentos para Recuperação de Cacos e Casqueiros (R\$)
Desvio entre as receitas e despesas para Gestão de Resíduos	Impacto Positivo da Gestão dos Resíduos na Economia	Receita Média da Recuperação de Cacos e Casqueiros (R\$/mês)
<i>Energy economic efficiency index (EYR)</i>		
Impacto Econômico		
Receita de material recuperado e energia;	Produção e Produtividade	Produção Média Mensal (m³/mês)
<i>A produtividade dos recursos (RP)</i>		
<i>Transformity</i>		

Ainda em relação à tabela 9, observa-se que foram propostos 5 indicadores econômicos. Vale ressaltar que nos 9 artigos selecionados em média foram utilizados 3 indicadores para essa dimensão. A não proposição de indicadores para o objetivo "Consumo de Materiais e Combustível" se deu pela não disponibilização de informações quanto ao custo de produção e compra de insumos.

Para a dimensão social, tabela 10, foram identificados 36 indicadores distintos, esses indicadores foram agrupados em 11 objetivos possibilitando assim a proposição indicadores para aplicação na indústria de mármore e granito.

Tabela 10: Detalhamento dos indicadores sociais utilizados e proposição de indicadores para gestão de resíduos do mármore e granito.

INDICADORES UTILIZADOS	OBJETIVO DOS INDICADORES	INDICADORES PROPOSTOS
------------------------	--------------------------	-----------------------

A aceitação pública de planos e ações de gestão de resíduos C & D		
Conveniência	Aceitação Pública	
Complexidade de armazenamento temporário		Número de Reclamações da Vizinhança (Ocorrências)
Odor		
Danos à Saúde Humana	Impactos à Vizinhança	
Impacto Visual		
O ruído		
Tráfego de Veículos		
Capacitação	Capacitação e Treinamento	Média Mensal de Horas de Treinamento (horas/mês)
Habilidades e treinamento		
Total de horas de trabalho	Carga de Trabalho	Indisponibilidade de Dados
segurança de trabalho, etc...		
Qualidade do emprego na coleta e transporte	Condições de Trabalho	Total de Afastamentos com Perda de Tempo (Ocorrências)
Qualidade do emprego no tratamento		
contribuição para o desenvolvimento econômico	Contribuição para o Desenvolvimento Local	Indisponibilidade de Dados
Disposição final		
Educação e conscientização	Educação Ambiental	Total de Iniciativas de Educação Ambiental (Ocorrências)
Educação ambiental das crianças		
Funcionários totais		
Oportunidades de Emprego		
Empregados com deficiência	Geração de Emprego e Renda	Total de Empregos Diretos Gerados (Número de funcionários)
Recicladores e a comunidade em geral		
Emprego local		
Quantidade de emprego no tratamento		
Geração de Renda e Bem Estar		
A percepção de risco no tratamento		Total de Funcionários com Nível Superior (Número de funcionários); Total de Funcionários com Nível Técnico (Número de funcionários) e Total de Funcionários com Nível Básico (Número de funcionários)
Funcionários com o ensino superior	Nível de Escolaridade dos Funcionários	
Empregados com o ensino básico		
A participação pública no planejamento e implementação	Participação Pública	Indisponibilidade de Dados
Compromissos públicos para as questões de sustentabilidade		
Igualdade de oportunidades (sexo)		Total de Funcionários do Sexo Feminino (Número de funcionários) e Total de Funcionários com Necessidades Especiais (Número de funcionários)
Igualdade de oportunidades (grau de invalidez)	Promoção da Igualdade	
Consumo do espaço urbano		
Consumo de espaço privado	Uso e Ocupação do Espaço Urbano	Indisponibilidade de Dados
Distribuição e localização de armazenamento temporário		
Consumo Terra de estação de tratamento		

Ainda em relação à tabela 10, observa-se que foram propostos 10 indicadores sociais. Vale ressaltar que nos 9 artigos selecionados em média foram utilizados 8

indicadores para essa dimensão. A não proposição de indicadores para 4 objetivos se deu pela falta de registro de tais informações.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo se propôs selecionar os indicadores de sustentabilidade e a metodologia de análise de dados utilizadas para mensurar a sustentabilidade na recuperação e valorização de cacos e casqueiros do mármore e granito. Para tanto selecionou-se portfólio bibliográfico com artigos científicos publicados em 1994-2014 em periódicos nacionais e internacionais disponíveis no portal de periódicos da CAPES para posterior análise bibliométrica.

A metodologia Proknow-C é recomendada para a seleção de artigos relevantes sobre o tema do estudo. A mesma simplifica e sistematiza a seleção de artigos. Porém, a principal limitação da metodologia é a subjetividade, pois a seleção e exclusão de artigos do portfólio bibliográfico são em grande parte decididas pelo autor, podendo variar de pesquisador para outro.

Aplicando a metodologia Proknow-C, o portfólio bibliográfico incluiu 280 artigos mais relevantes sobre avaliação da sustentabilidade. Desses, 9 são específicos para a gestão de resíduos. Dentre essas pesquisas, 5 estudos foram aplicados na gestão do resíduos urbanos, incluindo sistemas de reciclagem.

A maioria dos artigos sobre avaliação da sustentabilidade aplicada na gestão de resíduos se propuseram calcular índices compostos de sustentabilidade, e 5 centram-se na análise do ciclo de vida. Observou-se predominância de estudo que avaliou a sustentabilidade da gestão dos resíduos nas dimensões ambiental, econômica e social.

Os indicadores da dimensão ambiental pretendem medir os impactos nos recursos hídricos, a geração, tratamento e disposição final dos resíduos, questões relacionadas ao consumo de energia. Os indicadores da dimensão econômica se propuseram mensurar questões relacionadas aos custos da gestão dos resíduos, impactos positivos da gestão dos resíduos na economia, geração de renda, produção e produtividade do sistema de gestão de resíduos, captação de recursos subsidiados.

Os indicadores da dimensão social se preocupam em medir os impactos da atividade de gestão de resíduos na vizinhança, geração de emprego e renda, condições e segurança do trabalho, capacitação e treinamento de funcionários, bem como escolaridade, promoção da igualdade, carga de trabalho e participação pública.

Finalmente, o estudo apresentou uma metodologia de migração do conhecimento científico acumulado, nesse caso sobre os indicadores de sustentabilidade utilizados nas pesquisas científicas já feitas, para a realidade na qual se deseja aplicar a avaliação da sustentabilidade. Ou seja, utilizou-se a metodologia Proknow-C para a seleção de artigos relevantes compondo o portfólio bibliográfico. Em seguida, procedeu-se a análise bibliométrica com a identificação dos artigos focados na avaliação da sustentabilidade da gestão de resíduos. Para esses artigos, identificou-se os indicadores utilizados e os seus objetivos de mensuração. Finalizando o procedimento, buscou-se na realidade a ser estudada as informações e dados necessários para a avaliação da sustentabilidade.

2.5 REFERÊNCIAS

AFGAN, N.H.; CARVALHO, M. G. Sustainability assessment of hydrogen energy systems. **International Journal of Hydrogen Energy**, vol. 29, n. 13, p. 1327-1342, 2004.

AFONSO, M. H. F. et al. Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo Proknow-C na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 5, n. 2, art. 4, p. 47-62, 2011.

ANTANASIJEVIĆ, D. et al. The forecasting of municipal waste generation using artificial neural networks and sustainability indicators. **Sustain Science**, vol. 8, n.1, p. 37-46, 2013.

ARIARATNAM, S. T. et al. Quantification of Sustainability Index for Underground Utility Infrastructure Projects. **J. Constr. Eng. Manage**, vol. 139, n.12, p. 1-9, 2013.

AWASTHI, A.; CHAUHAN, S. S. Using AHP and DempstereShafer theory for evaluating sustainable transport solutions. **Environmental Modelling & Software**. vol. 26, p. 787-796, 2011.

AZAPAGIC, A. Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. **Journal of Cleaner Production**, vol. 12, n. 6, p. 639-662, 2004.

BASTIANONI, S. et al. Sustainability assessment of a farm in the Chianti area (Italy). **Journal of Cleaner Production**, vol. 9, n.4, p. 365-373, 2001.

BASTIDA-RUIZ, E. et al. Analysis of indicators to evaluate the industrial parks contribution to sustainable development - Mexican case. **Management Research Review**, vol. 36, n. 12, p. 1272-1290, 2013.

BELL, S; MORSE, T. Experiences with sustainability indicators and stakeholder participation: a case study relating to a 'blue plan' project in malta. **Sustainable Development**, vol. 12, n. 1, p. 1-14, 2004.

BOER, J.den et al. LCA-IWM: a decision support tool for sustainability assessment of waste management systems. **Waste Management**, vol. 27, n. 8, p. 1032-1045, 2007.

BONILLA, S. H. et al. Sustainability assessment of a giant bamboo plantation in Brazil: exploring the influence of labour, time and space. **Journal of Cleaner Production**, vol. 18, n. 1, p. 83-91, 2010.

BRAVOA, G. The human sustainable development index: new calculations and a first critical analysis. **Ecological Indicators**, vol. 37, part A, p. 145-150, 2014.

BROWNA, N. W. O. et al. Sustainability assessment of renovation packages for increased energy efficiency for multi-family buildings in Sweden. **Building and Environment**, vol. 61, p. 140-148, 2013.

BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Nosso futuro comum: comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.

CAPES. Portal de Periódicos. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: Jun. 2014.

CARDEN, K.; ARMITAGE, N. P. Assessing urban water sustainability in South Africa – not just performance measurement. **Water SA**, vol. 39, n. 3, p. 345-350, 2013.

CASSARA, L. F. et al. Assessing the use and influence of sustainability indicators at the Europe an periphery. **Ecological Indicators**, vol. 35, p. 52-61, 2013.

CASTILLO, H.; PITFIELD, D.E. ELASTIC – A methodological framework for identifying and selecting sustainable transport indicators. **Transportation Research Part D**, vol. 15, n. 4, p. 179-188, 2010.

CAUWENBERGH, N. V. et al. SAFE - A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, vol. 120, n. 2-4, p. 229-242, 2007.

CHAVES, H.M.L.; ALIPAZ, S. An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life, and policy: the watershed sustainability index. **Water Resource Manage**, vol. 21, n. 5, p. 883-895, 2007.

CHOIA, H. C.; SIRAKAYAB, E. Sustainability indicators for managing community tourism. **Tourism Management**, vol. 27, n. 6, p. 1274-1289, 2006.

CUNHA, F.A.F.S.; SAMANEZ, C.P. Performance analysis of sustainable investments in the brazilian stock market: a study about the corporate sustainability index (ISE). **J Business Ethics**, vol. 117, n. 1, p. 19-36, 2013.

DARBY, L.; JENKINS, H. Applying sustainability indicators to the social enterprise business model: the development and application of an indicator set for Newport Wastesavers, Wales. **International Journal of Social Economics**, vol. 33, n. 5-6, p. 411-431, 2006.

DRAGANOVICA, V. et al. Sustainability assessment of salmonid feed using energy, classical exergy and eco-exergy analysis. **Ecological Indicators**, vol. 34, p. 277-289, 2013.

EDIGERA, V.S. et al. Fossil fuel sustainability index: an application of resource management. **Energy Policy**, vol. 35, n. 5, p. 2969-2977, 2007.

EGILMEZA, G. et al. Supply chain sustainability assessment of the U.S. food manufacturing sectors: a life cycle-based frontier approach. **Resources, Conservation and Recycling**, vol. 82, p. 8-20, 2014.

EROL, I. et al. Sustainability in the turkish retailing industry. **Sustainable Development**, vol. 17, n. 1, p. 49-67, 2009.

GHISELLINIA, P. et al. Monitoring and evaluating the sustainability of Italian agricultural system: an emergy decomposition analysis. **Ecological Modelling**, vol. 271, p. 132-148, 2014.

GILBERT, A. Criteria for sustainability in the development of indicators for sustainable development. **Chemosphere**, vol. 33, n. 9, p. 1739-1748, 1996.

GRAYMORE, M.L.M. et al. An index of regional sustainability: a GIS-based multiple criteria analysis decision support system for progressing sustainability. **Ecological Complexity**, vol. 6, n. 4, p. 453-462, 2009.

GRAYMORE, M.L.M. et al. Sustaining human carrying capacity: a tool for regional sustainability assessment. **Ecological Economics**, vol. 69, n. 3, p. 459-468, 2010.

HALOG, A.; MANIK, Y. Advancing integrated systems modelling framework for life cycle sustainability assessment. **Sustainability**, vol. 3, n. 2, p. 469-499, 2011.

HELLER, M. C.; KEOLEIAN, G. A. Assessing the sustainability of the US food system: a life cycle perspective. **Agricultural Systems**, vol. 76, n. 3, p. 1007-1041, 2003.

HERVA, M. et al. An approach for the application of the ecological footprint as environmental indicator in the textile sector. **Journal of Hazardous Materials**, vol. 156, n. 1-3, p. 478-487, 2008.

HERVA, M.; ROCA, E. Ranking municipal solid waste treatment alternatives based on ecological footprint and multi-criteria analysis. **Ecological Indicators**, vol. 25, p. 77-84, 2013.

HOLDEN, M. Sustainability indicator systems within urban governance: usability analysis of sustainability indicator systems as boundary objects. **Ecological Indicators**, vol. 32, p. 89-96, 2013.

HUANG, S.L.; HSU, W.L. Materials flow analysis and energy evaluation of Taipei's urban construction. **Landscape and Urban Planning**, vol. 63, n. 2, p. 61-74, 2003.

HUETING, R.; REIJNDERS, L. Broad sustainability contra sustainability: the proper construction of sustainability indicators **Ecological Economics**, vol 50, p. 249-260, 2004.

HUME, A. A.; MCINTOSH, K. Construct validation of a measure to assess sustainability of school-wide behavior interventions. **Psychology in the Schools**, vol. 50, n. 10, p. 1003-1014, 2013.

IBÁÑEZ-FORÉS, V. et al. Assessing the sustainability of Best Available Techniques (BAT): methodology and application in the ceramic tiles industry. **Journal of Cleaner Production**, vol. 51, p. 162-176, 2013.

INFANTE, C.E.D.C. et al. Triple bottom line analysis of oil and gas industry with multicriteria decision making. **Journal of Cleaner Production**, vol. 52, p. 289-300, 2013.

KO, T. G. Development of a tourism sustainability assessment procedure: a conceptual approach. **Tourism Management**, vol. 26, n. 3, p. 431-445, 2005.

LECORRE, D. et al. Comparative sustainability assessment of starch nanocrystals. **J Polym Environ**, vol. 21, n. 1, p.71-80, 2013.

LEFROY, R. D. B. et al. Indicators for sustainable land management based on farmer surveys in Vietnam, Indonesia, and Thailand Agriculture. **Ecosystems and Environment**, vol. 81, n. 2, p. 137-146, 2000.

LEHMANN, A. et al. Social aspects for sustainability assessment of technologies - challenges for social life cycle assessment (SLCA). **Int J Life Cycle Assess**, vol. 18, n. 8, p. 1581-1592, 2013.

LIPOŠČAKA, M. et al. Sustainability assessment of cogeneration sector development in Croatia. **Energy**, vol. 31, n. 13, p. 2276-2284, 2006.

LOURENÇO, I.C.; BRANCO, M.C. Determinants of corporate sustainability performance in emerging markets: the brazilian case. **Journal of Cleaner Production**, vol. 57, p. 134-141, 2013.

LOZANO, R. A tool for a Graphical Assessment of Sustainability in Universities (GASU). **Journal of Cleaner Production**, vol. 14, p. 963-972, 2006.

MAES, D.; PASSEL, S. V. Advantages and limitations of exergy indicators to assess sustainability of bioenergy and biobased materials. **Environmental Impact Assessment Review**, vol. 45, p. 19-29, 2014.

MASCARENHAS, A. The role of common local indicators in regional sustainability assessment. **Ecological Indicators**, vol. 10, p. 646-656, 2010.

MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. Sustainability assessment and rating of buildings: developing the methodology SBToolPTeH. **Building and Environment**, vol. 46, p. 1962-1971, 2011.

MENIKPURA, S. N. M. et al. Evaluation of the effect of recycling on sustainability of municipal solid waste management in Thailand. **Waste Biomass Valor**, vol. 4, n. 2, p. 237-257, 2013.

MEUL, M et al. Validating sustainability indicators: focus on ecological aspects of flemish dairy farms. **Ecological Indicators**, vol. 9, p. 284-295, 2009.

MEYAR-NAIMI, H.; VAEZ-ZADEH, S. Sustainability assessment of a power generation system using DSR-HNS framework. **Ieee Transactions On Energy Conversion**, vol. 28, n. 2, p. 327-334, 2013.

MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação**. 2002. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.

MILMAN, A.; SHORT, A. Incorporating resilience into sustainability indicators: an example for the urban water sector. **Global Environmental Change**, vol. 18, n. 4, p. 758-767, 2008.

MORRISON-SAUNDERS, A. et al. Towards sustainability assessment follow-up. **Environmental Impact Assessment Review**, vol. 45, p. 38-45, 2014.

MUNIZ JR, J. Os principais trabalhos na teoria do conhecimento tácito: pesquisa bibliométrica 2000-2011. **SIMPOI**, XIV Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, Anais, FGV-EAESP, de 24 a 26 Ago. 2011, p. 1-10.

NOURR, M. Measuring sustainable development: Some empirical evidence for France from eight alternative indicators. **Ecological Economics**, vol. 67, n. 3, p. 441-456, 2008.

OBERNDORFER, U. et al. Does the stock market value the inclusion in a sustainability stock index? An event study analysis for German firms. **Journal of Environmental Economics and Management**, vol. 66, n. 3, p. 497-509, 2013.

OFORI-BOATENG, C.; LEE, K. T. An oil palm-based biorefinery concept for cellulosic ethanol and phytochemicals production: sustainability evaluation using exergetic life cycle assessment. **Applied Thermal Engineering**, vol. 62, n. 1, p. 90-104, 2014.

PANNEL, D. J. ; GLEN, N. A. A framework for the economic evaluation and selection of sustainability indicators in agriculture. **Ecological Economics**, vol 33, p. 135-149, 2000.

PANZONE, L.A. et al. The design of an environmental index of sustainable food consumption: a pilot study using supermarket data. **Ecological Economics**, vol. 94, p. 44-55, 2013.

PASSEL, S .V. Food miles to assess sustainability: a revision. **Sustainable Development**, vol. 21, n. 1, p. 1-17, 2013.

PEREIRA, C. L. F.; ORTEGA, E. Sustainability assessment of large-scale ethanol production from sugarcane. **Journal of Cleaner Production**, vol. 18, n. 1, p. 77-82, 2010.

PONS, O.; FUENTE, A. L. Integrated sustainability assessment method applied to structural concrete columns. **Construction and Building Materials**, vol. 49, p. 882-893, 2013.

POSADA, J. A. Potential of bioethanol as a chemical building block for biorefineries: preliminary sustainability assessment of 12 bioethanol-based products. **Bioresource Technology**, vol. 135, p. 490-499, 2013.

PULSELLI, R.M. et al. Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: em-building indices to evaluate housing sustainability. **Energy and Buildings**, vol. 39, n. 5, p. 620-628, 2007.

RAMOS, T.B. Development of regional sustainability indicators and the role of academia in this process: the portuguese practice. **Journal of Cleaner Production**, vol. 17, n. 12, p. 1101-1115, 2009.

RAMOS, T.S.B.; CAEIRO, S. Meta-performance evaluation of sustainability indicators. **Ecological Indicators**, vol. 10, p. 157-166, 2010.

RENNINGS, K; WIGGERING, H. Steps towards indicators of sustainable development: Linking economic and ecological concepts. **Ecological Economics**, vol 20, p. 25-36, 1997.

ROY, R. et al. Rice farming sustainability assessment in Bangladesh. **Sustain Science**, vol. 9, n. 1, p. 31-44, 2014.

ROZA, M. C. et al. Análise bibliométrica da produção científica sobre contabilidade pública no Encontro de Administração Pública e Governança (Enapg) e na Revista de Administração Pública (Rap), no período 2004-2009. **Porto Alegre**, v. 11, n. 20, p. 59-72, 2011.

SAHELYET, H. R. et al. Developing sustainability criteria for urban infrastructure systems. **Can. J. Civ. Eng.**, vol. 32, n. 1, p. 72-85, 2005.

SALA, S. et al. Life cycle sustainability assessment in the context of sustainability science progress (part 2). **Int J Life Cycle Assess**, vol. 18, n. 9, p. 1686-1697, 2013.

SALA, S. et al. Progress in sustainability science: lessons learnt from current methodologies for sustainability assessment (part 1). **Int J Life Cycle Assess**, vol. 18, n. 9, p.1653-1672, 2013.

SÁNCHEZ, G. F.; LÓPEZ, F. R. A methodology to identify sustainability indicators in construction project management—Application to infrastructure projects in Spain. **Ecological Indicators**, vol. 10, p. 1193-1201, 2010.

SANDS, G.R; PODMOREA, T.H. A generalized environmental sustainability index for agricultural systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, vol. 79, n. 1, p. 29-41, 2000.

SANTHANAM, G. R.; GOPALAKRISHNAN, K. Pavement life-cycle sustainability assessment and interpretation using a novel qualitative decision procedure. **J. Comput. Civ. Eng.**, vol. 27, n. 5, p. 544-554, 2013.

SARAVIA-CORTEZ, A.M. et al. Assessing environmental sustainability of particleboard production process by ecological footprint. **Journal of Cleaner Production**, vol. 52, p. 301-308, 2013.

SCHETKE, S.; HAASE, D. Multi-criteria assessment of socio-environmental aspects in shrinking cities. Experiences from eastern Germany. **Environmental Impact Assessment Review**, vol. 28, n. 7, p. 483-503, 2008.

SCHIANETZ, K.; KAVANAGH, L. Sustainability indicators for tourism destinations: a complex adaptive systems approach using systemic indicator systems. **Journal Of Sustainable Tourism**, vol. 16, n. 6, 2008.

SCHLÖR, H. et al. Methods of measuring sustainable development of the German energy sector. **Applied Energy**, vol. 101, p. 172-181, 2013.

SCHMIDT, M; SCHWEGLER, R. A recursive ecological indicator system for the supply chain of a company. **Journal of Cleaner Production**. vol. 16, n. 15, p. 1658-1664, 2008.

SCHMIDT, W.P.; BUTT, F. Life cycle tools within ford of Europe's product sustainability index case study Ford S-MAX & Ford Galaxy. **International Journal Life Cycle Management**, vol. 11, n. 5, p. 315-322, 2006.

SICHE, R. et al. Convergence of ecological footprint and emergy analysis as a sustainability indicator of countries: Peru as case study. **Commun Nonlinear Sci Numer Simulat**, vol. 15, n. 10, p. 3182-3192, 2010.

SILALERTRUKSA, T; GHEEWALA, S.H. Environmental sustainability assessment of bio-ethanol production in Thailand. **Energy**, vol. 34, p. 1933-1946, 2009.

SILVA, M. R. et al. Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. **Ribeirão Preto**, v. 2, n. 1, p. 110-129, 2011.

SIMÕES, C. L. et al. Integrating environmental and economic life cycle analysis in product development: a material selection case study. **Int J Life Cycle Assess**, vol. 18, n. 9, p.1734-1746, 2013.

SINGH, R. K. et al. Development of composite sustainability performance index for steel industry. **Ecological Indicators**, vol. 7, p. 565-588, 2007.

SOETE et al, W. Exergetic sustainability assessment of batch versus continuous wet granulation based pharmaceutical tablet manufacturing: a cohesive analysis at three different levels. **Green Chemistry**, vol. 15, n. 11, p. 30-39, 2013.

SONGA, Q. et al. Sustainability evaluation of e-waste treatment based on energy analysis and the LCA method: a case study of a trial project in Macau. **Ecological Indicators**, vol. 30, p.138-147, 2013.

STANISKIS, J. K.; V. ARBACIAUSKAS. Sustainability performance indicators for industrial enterprise management. **Environmental Research, Engineering and Management**, vol. 48, n. 2, p. 42-50, 2009.

STARKL, M. et al. A planning-oriented sustainability assessment framework for peri-urban water management in developing countries. **Water Research**, vol. 47, n. 20, p. 7175-7183, 2013.

TUGNOLIA, A. et al. Sustainability assessment of hydrogen production by steam reforming. **International Journal of hydrogen energy**, vol. 33, n. 16, p. 4345-4357, 2008.

VANHAM, D.; BIDOGLIO, G. A review on the indicator water footprint for the EU28. **Ecological Indicators**, vol. 26, p. 61-75, 2013.

VEGA-AZAMARA, R. E et al. An emergy analysis for urban environmental sustainability assessment, the Island of Montreal, Canada. **Landscape and Urban Planning**, vol. 118, p. 18-28, 2013.

VELEVA, V. et al. Indicators for measuring environmental sustainability: a case study of the pharmaceutical industry. **Benchmarking: An International Journal**, vol. 10, n. 2, p. 107-119, 2003.

VELEVA, V; ELLENBECKER, M. A proposal for measuring business sustainability. Addressing shortcomings in existing frameworks. **GMI Autumm**, vol. 31, p. 101-120, 2000.

VELEVA, V; ELLENBECKER, M. Indicators of sustainable production: framework and methodology. **Journal of Cleaner Production**, vol. 9, n. 6, p. 519-549, 2001.

VILELA, L.O. Application of Proknow-C to select bibliography portfolio and bibliometric analysis about performance evaluation of knowledge management. **Revista Gestão Industrial**, v. 8, n. 1, p. 76-92, 2012.

VINYES, E. et al. Application of LCSA to used cooking oil waste management. **Int J Life Cycle Assess**, vol. 18, n. 2, p. 445-455, 2013.

WU, X. et al. Energy-based sustainability assessment of an integrated production system of cattle, biogas, and greenhouse vegetables: insight into the comprehensive utilization of wastes on a large-scale farm in Northwest China. **Ecological Engineering**, vol. 61,(part A), p. 335-344, 2013.

YANG, P. et al. Sustainability needs and practices assessment in the building industry of China. **Energy Policy**, vol. 57, p. 212-220, 2013.

YANG, S. Revision and extension of eco-LCA metrics for sustainability assessment of the energy and chemical processes. **Environ. Sci. Technol.**, vol. 24, n. 47, p. 14450-14458, 2013.

YEHEYIS, M. et al. An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. **Clean Techn Environ Policy**, vol. 15, n. 1, p. 81-91, 2013.

YIGITCANLAR, T.; DUR, F. Developing a sustainability assessment model: the sustainable infrastructure, land-use, environment and transport model. **Sustainability**, vol. 2, n. 1, p. 321-340, 2010.

ZHOU, Z. et al. Life cycle sustainability assessment of fuels. **Fuel**, vol. 86, n. 1-2, p. 256-263, 2007.

ZIOUT, A. et al. Multi-criteria decision support for sustainability assessment of manufacturing system reuse. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, vol. 6, n. 1, p. 59-69, 2013.

Resumo

O objetivo da presente pesquisa foi avaliar como o processo de recuperação e valorização de resíduos contribui para a sustentabilidade corporativa. Para tanto, foi avaliado a gestão sustentável de cacos e casqueiros da indústria de beneficiamento de mármore e granito. As principais contribuições do trabalho foram a abordagem da recuperação e valorização de resíduos como fatores importantes para ganhos na sustentabilidade das empresas e a possibilidade de generalização do estudo para novos cenários como outros setores da economia, bem como a variação da escala. Para tanto, quantificou-se a geração de cacos e casqueiros na indústria de mármore e granito, obtiveram-se informações preliminares quanto ao manejo desses resíduos, identificaram-se os principais produtos fabricados com cacos e casqueiros e ainda aplicaram-se indicadores para avaliar os impactos da recuperação e valorização desses resíduos na sustentabilidade da indústria de beneficiamento de mármore e granito. A pesquisa aborda os casos de 4 empresas: 2 serrarias (S1 e S2) e 2 marmorarias (M1 e M2). Observou-se que as empresas não abordam os cacos e casqueiros como matéria-prima para novos produtos. Verificou-se que os principais produtos fabricados com esses resíduos são aplicados em pavimentação e decoração. A pesquisa evidenciou que o processo de recuperação de cacos e casqueiros impacta positivamente na sustentabilidade da indústria de mármore e granito, mais especificamente nas marmorarias.

Palavras-Chave: Avaliação da Sustentabilidade, recuperação, mármore e granito, valorização, caco e casqueiro.

SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF WASTES MANAGEMENT IN MARBLE AND GRANITE INDUSTRY

Abstract

The purpose of the present research was to evaluate how do the wastes-recovery and valorization contribute to the corporative sustainability. Therefore, the sustainable management of marble- and granite-industry wastes has been assessed. The main contributions of this work are the approach of residues-recovery and – valorization as important factors for gains in sustainability of businesses, along with the possible generalization of this study toward new scenes like other economy sectors, as well as scale variation. Thus, the generation of wastes in the marble and granite industry has been quantified. Preliminary information was obtained about wastes handling. The main waste-products have been identified. And, indicators were used to assess the impacts from the recovery and valorization of those residues on the marble and granite industry's sustainability. The survey approaches the cases of 4 businesses: 2 wood businesses (S1 and S2), and 2 marble businesses (M1 and M2). It was observed that the businesses do not see wastes as raw-materials for new products. The main products from those residues are used in asphalt and decoration. This survey has evidenced the wastes recovery's positive impact on the marble- and granite-industry sustainability, specially in the marble businesses.

Keywords: sustainability assessment, recovery, marble and granite, valorization, marble and granite wastes.

3.1 INTRODUÇÃO

Com a evolução da sociedade para a posturas mais sustentáveis, a divulgação de informações sobre desempenho ambiental, econômico e social das empresas são cada vez mais acessíveis. Segundo Barby & Jenkins (2006), as empresas privadas têm sido crescentemente pressionadas a serem mais transparentes, divulgando seus resultados de sustentabilidade.

As pressões quanto à sustentabilidade em sua operação também são realidade para a indústria de beneficiamento de mármore e granito, principalmente quanto a tratamento e disposição final de resíduos da produção. Contudo, avaliar a sustentabilidade da gestão de resíduos exige vários níveis de informação (YEHEYIS *et al.*, 2013).

Várias das pressões sofridas pelo setor de beneficiamento de mármore e granito relacionam-se aos resíduos produtivos gerados. Conforme Rajgor & Pitroda (2013), os resíduos do beneficiamento de mármore e granito podem ser classificados como: i) pó de pedra, ii) lama. iii) agregados; iv) grandes rochas; v) blocos; e vi) chapas danificadas.

A geração de resíduos na referida indústria ocorre em todas as etapas do processo produtivo. Exemplificando o potencial de geração, Bacarji *et al.* (2013) afirmam que até 30% do bloco extraído é convertido em lama na serragem das chapas. Ademais, restos de chapas também são expressivamente gerados, mas podendo ser utilizados enquanto material sustentável secundário. Assim é possível afirmar que, conforme SINDIROCHAS (2014), o Brasil gerou, apenas em relação às rochas ornamentais exportadas, entre Janeiro 2014 e Abril de 2014, um total de 246.817,5 toneladas de lama abrasiva. Ressalta-se ainda que o Espírito Santo contribuiu com 70,4% desse total.

Agravando esse cenário, ainda conforme Bacarji *et al.* (2013), atualmente o beneficiamento de mármore e granito tem ocasionado sérios passivos ambientais. Enormes quantidades de lama e outros resíduos estão sendo produzidos anualmente, causando graves ameaças ao meio ambiente, poluindo o solo e a água e, quando seca, se transformando em um pó fino prejudicial à saúde pública.

Rajgor & Pitroda (2013) também afirmam que resíduos de rochas ornamentais podem causar inconvenientes ao ambiente, à saúde pública e à economia. Afirmam ainda que a indústria de corte de mármore produz grandes quantidades de resíduos sólidos, cenário com perspectiva de aumento devido à expansão da construção civil e ao crescimento da produção mundial. Portanto, recuperar e valorizar esses resíduos é excelente forma de amenizar os impactos do beneficiamento de mármore e granito na sociedade, afora gerar emprego e renda.

Segundo Menikpura *et al.* (2013), a grande vantagem da reciclagem é seu potencial de gerar renda, além de desenvolver o mercado da gestão de resíduos. Outro benefício intimamente relacionado à recuperação de resíduos é a possibilidade de ampliar a inclusão social de grupos desfavorecidos na sociedade. Conforme Darby & Jenkins (2006) é possível empregar pessoas com dificuldade de aprendizagem, desempregados, ex-detentos, aumentando a empregabilidade.

Esta pesquisa relaciona o tema central sustentabilidade, amplamente discutido na literatura, a dois subtemas, os indicadores de sustentabilidade e a recuperação e valoração de cacos e casqueiros. A recuperação e valoração de cacos e casqueiros é praticamente inexplorado pelas pesquisas acadêmicas, já os indicadores de sustentabilidade possuem estudos relevantes já realizados, embora ainda em desenvolvimento no campo do gerenciamento de resíduos.

Focada na problemática da gestão de resíduos de mármore e granito, a presente pesquisa visou ampliar o estudo a cerca dos resíduos desse setor de forma a realizar um cotejo entre a gestão de cacos e casqueiros e a sustentabilidade. Assim, o objetivo do trabalho é avaliar os impactos da recuperação de cacos e casqueiros na sustentabilidade corporativa da indústria de beneficiamento de mármore e granito. Para tanto, buscou-se: i) quantificar a geração de cacos e casqueiros em 4 empresas; ii) obter informações iniciais sobre a gestão de cacos e casqueiros; iii) identificar os principais produtos fabricados através da recuperação de cacos e casqueiros; e iv) avaliar a contribuição da recuperação e valorização de cacos e casqueiros para a sustentabilidade das empresas.

É válido ressaltar que a pesquisa inova ao investigar os impactos da recuperação e valorização de cacos e casqueiros, praticamente inexplorado nas pesquisas

acadêmicas, através da avaliação da sustentabilidade por meio de indicadores ambientais, econômicos e sociais, bastante explorado nas pesquisas científicas, mas em desenvolvimento no campo do gerenciamento de resíduos.

3.1.1 Os Resíduos da Indústria de Mármore e Granito

As pesquisas enfocando resíduos da indústria do mármore e granito, conforme demonstrado na Tabela 11, em sua maioria buscaram solucionar a disposição final da lama abrasiva gerada no processamento das rochas ornamentais. Assim, observa-se subexploração dos demais resíduos gerados no setor em pesquisas científicas.

Tabela 11: Referências de pesquisas enfocando resíduos da indústria do mármore e granito.

PESQUISAS	AUTORES
Utilização dos resíduos de beneficiamento de mármore e granito (lama abrasiva) na produção de cerâmica de barro vermelho	Xavier (2001), Silva (2003), Silva <i>et al.</i> (2005), Acchar <i>et al.</i> (2006), Mello (2006) e Silva (2009)
Utilização de lama abrasiva na produção de cerâmica em geral	Pontes (2001), Vieira (2004) Filho (2003), Segadaes (2006) e Cabral (2009)
Utilização da lama abrasiva na produção de tijolos, variando entre tijolos em geral, tijolos de sílica-cal e tijolos de solo-cimento	Araújo (2002), Filho (2005), Segadaes <i>et al.</i> (2005) e Miranda (2007)
Utilização da lama abrasiva na produção de blocos pré-moldados com aplicação em alvenaria de vedação, blocos de alvenaria sem função estrutural e blocos prensados e de encaixe para alvenaria.	Moura e Leite (2011), Feitosa (2004) e Destefani (2009)
Aplicação de lama abrasiva na produção de concreto autoadensável.	Lisbôa (2004), Almeida <i>et al.</i> (2007), Barros (2008), Lopes (2007), Faganello (2008), Gomes (2008), Lisbôa (2011) e Nepomuceno <i>et al.</i> (2012)
Utilização de lama abrasiva na produção argila crua	Saboya <i>et al.</i> (2007)
Aplicação de lama abrasiva na produção de argamassa em substituição a cal hidratada	Gonçalves (2011)
Utilização de lama abrasiva na produção de lâ mineral e uso agrícola na correção de acidez do solo	Rodrigues (2009)
Utilização agrícola de lama abrasiva na correção de acidez do solo	Santos (2010)

Algumas poucas pesquisas indicam a viabilidade de agregar valor aos resíduos de cacos e casqueiros. As principais aplicações desse rejeito são como agregado para produção de concreto e asfalto (Tabela 12). Também pode ser aplicado na produção de mosaicos e artigos de decoração.

Tabela 12: Referência de pesquisas enfocando reutilização de rejeitos de caco e casqueiro.

PESQUISAS	AUTORES
Estudo da durabilidade do concreto fabricado com resíduos de cacos e casqueiros da indústria do mármore e granito como agregado grosso	Binici <i>et al.</i> (2008)
Utilização de cacos e casqueiros enquanto agregado para fabricação de asfalto quente	Souza (2001), Rubio <i>et al.</i> (2010) e Singh <i>et al.</i> (2013)
A utilização de cacos e casqueiros como peças decorativas	Santos <i>et al.</i> (2009)

3.1.2 Avaliação da Sustentabilidade na Gestão de Resíduos

Os indicadores podem ser usados para traduzir e comunicar informações complexas em unidades facilmente compreensíveis que por sua vez podem auxiliar na tomada de decisão em todos os níveis, seja a compra de um produto, ou na formulação de políticas de alto nível, podendo ser medidos ao longo do tempo (DARBY & JENKINS, 2006)..

Para Staniskis e Arbaciauskas (2009), os indicadores de sustentabilidade permitem a avaliação sistemática do desempenho oferecendo informações para decisões adequadas. Stasiskiene *et al.* (2011) complementam afirmando que indicadores continuamente medidos e calculados permitem rastrear tendências de sustentabilidade de longo prazo de um ponto de vista retrospectivo. Conforme Misra (2008), a análise dessas tendências permite aos tomadores de decisão projeções de curto prazo e decisões relevantes para o futuro.

Segundo Stasiskiene *et al.* (2011), um indicador eficaz deve ser: i) eficiente, facilmente medido e analisado com os dados existentes; ii) sensível à mudança e claramente ligado a fatores causais; iii) economicamente e logisticamente viável, já que está sendo medido; e iv) "confiável, preciso e contínuo" (Misra, 2008).

Com o desenvolvimento de estudos sobre avaliação da sustentabilidade, Darby & Jenkins (2006) comentam que uma gama de ferramentas tem sido formulada para permitir à Sociedade desenvolver as próprias metodologias de avaliação de indicadores de sustentabilidade.

Para o gerenciamento de resíduos, Chung e Lo (2003) estabeleceram os principais critérios de avaliação da gestão sustentável de resíduos:

- **conveniência ambiental:** as opções de gestão de resíduos protegem a saúde pública e o ambiente;
- **otimização econômica:** relação custo-benefício de cada opção de gestão de resíduos em uso e a solidez econômica da estratégia de gestão de resíduos;
- **aceitabilidade social e equidade:** a forma pela qual a comunidade local entende e suporta as atuais opções de gestão de resíduos e parcerias na gestão de resíduos; e
- **diligência administrativa:** capacidade administrativa suficiente para garantir boas práticas e políticas contínuas e sustentáveis no longo prazo.

Corroborando os conceitos já abordados para avaliar a sustentabilidade de um sistema de gerenciamento de resíduos, incluindo as etapas de geração de resíduos, manejo e disposição final, é necessário um conjunto de indicadores e índices inovadores (Staniskis & Stasiskiene, 2005). E ainda, geralmente os indicadores servem não só aos tomadores de decisão, mas também aos municípios, agências, ao público em geral e assim por diante (Stasiskiene *et al.*, 2011).

De maneira bastante assertiva e na mesma direção da gestão integrada de resíduos, a Política Nacional Resíduos Sólidos (BRASIL, 2010) estabeleceu as bases para as práticas deste cenário com novos e importantes desafios. Pela nova lei, as partes interessadas nos âmbitos ambiental, social e econômico devem identificar os principais geradores de resíduos, calcular melhor os custos para seu manejo e criar indicadores para medir o desempenho do serviço público nesse campo.

3.2 METODOLOGIA

A pesquisa possui enfoque empírico, inovador e se propõe a fazer as primeiras descobertas sobre o impacto da valoração de cacos e casqueiros na sustentabilidade da indústria de mármore e granito. Ou seja, é uma aproximação ao assunto. Segundo Scotti (2002), o enfoque empírico inovador tem algo como autorização à descoberta. Não se trata de comprovação nem de proposição de teoria para o problema. O caráter inovador, bem como a aproximação ao assunto, conferem à pesquisa a condição de estudo exploratório.

Para atender os objetivos da pesquisa optou-se por duas formas de coleta de dados, a primeira delas foi a realização de uma pesquisa *on line*. O questionário de entrevista (APENDICE I), combinando questões abertas e fechadas, foi submetido aos dirigentes das empresas de beneficiamento de mármore e granito associados ao SINDIROCHAS. O questionário ampliou o entendimento e forneceu informações sobre o manejo de cacos e casqueiros pelas empresas do setor.

A segunda forma de coleta de dados foi desenvolvida em 4 empresas da indústria de beneficiamento mármore e granito, 2 serrarias e 2 marmorarias. Para resolver o problema lançado nesta pesquisa, optou-se por selecionar uma serraria e uma marmoraria com prática cotidiana de valorizar e recuperar os rejeitos de cacos e casqueiros. Selecionou-se também uma serraria e uma marmoraria ainda sem essa etapa em seu processo produtivo.

A primeira empresa é uma serraria de mármore e granito do Espírito Santo, no município de Venda Nova do Imigrante, que produz novos produtos com os resíduos da serragem dos blocos (casqueiros). A segunda empresa é marmoraria do Paraná, no município de Foz do Iguaçu, que realiza recorte e acabamento de chapas de mármore e granito aplicando o conceito de "lixo zero", experiente na valorização de cacos, o que originou fábrica de mosaicos artesanais.

As demais empresas, uma serraria e a outra marmoraria, foram selecionadas para permitir a análise do impacto da recuperação de cacos e casqueiros na sustentabilidade da indústria de beneficiamento de mármore e granito. Ambas situam-se no Espírito Santo: a serraria, em Venda Nova do Imigrante; e a marmoraria, em Castelo. Essas empresas fazem o contraponto às empresas

supracitadas, pois ainda não abordam a valoração de cacos e casqueiros como processo produtivo do seu empreendimento.

Não processar e valorizar os cacos e casqueiros de maneira industrial não significa empreendimentos em desacordo com as práticas de gerenciamento de resíduos industriais, nem com as normas ambientais. Todas as empresas, devidamente licenciadas nos órgãos competentes, atendem a todos os requisitos de saúde, segurança e ambiente.

Ressalte-se que este estudo não tem a pretensão de analisar as possíveis influências regionais, sendo irrelevante a localização do empreendimento. Relevante é a existência, ou não, da recuperação de cacos e casqueiros, permitindo avaliar os impactos dessa ação na sustentabilidade da indústria de beneficiamento de mármore e granito. Como praticamente a recuperação de cacos e casqueiros não é realizada, foi necessário selecionar empresas em estados diferentes.

3.2.1 Critérios para Seleção da Amostra

O primeiro critério para a seleção da amostra é a abrangência às etapas produtivas do beneficiamento de mármore e granito. Para esse critério selecionaram-se empresas que serram blocos (Serrarias) e as que realizam o polimento e recorte de chapas (Marmorarias).

A amostra também deve abranger duas condições distintas e contrárias, a existência ou não de valoração de cacos e casqueiros. Esse é o segundo critério para a seleção da amostra. Assim foram selecionadas duas empresas que realizam a valoração de cacos e casqueiros no seu dia a dia e empresas que ainda não desenvolvem a valoração como etapa do processo produtivo. Ambos os cenários contam com serraria e marmoraria.

O terceiro critério para seleção da amostra deve atender a condição de a empresa selecionada ser atendida pelo empreendimento do qual o pesquisador participa. Esse critério é considerado único, exclusivamente para minimizar os problemas de acesso a informação, já que a competitividade do setor de mármore e granito cria

ambiente inacessível a "estranhos". O quarto e último critério é o tempo disponível para o estudo.

3.2.1.1 Serraria 01 - S1

A serraria 1 (S1) atua desde 1994 no Espírito Santo, em Venda Nova do Imigrante, na extração, beneficiamento e comércio de rochas ornamentais. Todo seu processo industrial é automatizado. Dentre as tecnologias utilizadas, a maioria dos equipamentos é de fabricação italiana, utilizados na serragem dos blocos, polimento, acabamentos especiais, chapas e ladrilhos. Atualmente exporta para países como Estados Unidos, Polônia, Israel, Itália e Coréia do Sul.

3.2.1.2 Serraria 2 - S2

A serraria 2 (S2) situa-se na cidade de Venda Nova do Imigrante, região serrana do Espírito Santo, e tem como principal foco a venda de granitos Ocre Itabira e Cinza Ipanema, desde blocos até produtos recortados. Atua na extração e beneficiamento de mármore e granito desde 2004. Possui equipamentos avançados para suas atividades. A capacidade instalada de produção é de 50.000m²/mês.

3.2.1.3 Marmoraria 1 - M1

A marmoraria 1 (M1) localiza-se na tríplice fronteira Brasil-Argentina-Paraguai, em Foz do Iguaçu, Paraná, e atua desde 1995 no ramo de marmoraria, pedras decorativas, depósitos de chapas, paisagismo, design de objetos e móveis em rochas ornamentais. Em 2007 iniciou a extração de granito em Minas Gerais. Desde os anos de 2000 a empresa desenvolve projetos de reaproveitamento de resíduos do beneficiamento de mármore e granito utilizando resíduos de polimento como argamassa e rejeitos de cacos e casqueiros na produção artesanal de mosaicos, britas e seixos.

3.2.1.4 Marmoraria 2 - M2

A marmoraria 2 (M2) localiza-se em Castelo, cidade vizinha a Venda Nova do Imigrante, região serrana do Espírito Santo. Atende o mercado interno, em diversos estados do Brasil. É especializada em produzir pisos e rodapés fornecendo seu produto para diversos fins, entre eles obras de casas, prédios e empresas. Produz mensalmente 3500 m².

É válido ressaltar que as empresas selecionadas para a pesquisa de campo podem a todo momento influenciar os resultados das pesquisas. O principal aspecto é a preocupação com a divulgação de informações estratégicas da produção e gestão das empresas participantes do estudo. Se por um lado seu envolvimento enriquece o estudo com detalhes, por outro pode ser distorcido por interesses institucionais (SCOTTI, 2002). A pesquisa de campo acatou-se para minimizar essas influências.

3.2.2 Pesquisa de Campo

A pesquisa visou dados primários sobre geração de cacos e casqueiros, identificando os principais métodos de recuperação desses resíduos. Ao final do trabalho de campo determinou-se o total em metros cúbicos (m³) de cacos e casqueiros gerados e os principais produtos fabricados na recuperação dos resíduos estudados. As medições in loco, devido às características e dimensões desses resíduos, foram realizadas de maneira diferenciada entre as serrarias (casqueiros) e as marmorarias (cacos). A medição ocorreu em Fevereiro de 2014 durante quatro semanas consecutivas.

Os casqueiros, Figura 14, grandes e de difícil manipulação, não puderam ser pesados, sendo mensurado o volume do resíduo. Para tanto, mediu-se o comprimento, a largura e a espessura de cada casqueiro. A espessura foi medida em 4 partes, considerando-se espessura o valor médio das 4 medições.

Figura 14: Casqueiro gerado na serragem do bloco de mármore e granito.



Nas marmorarias, Figura 15, medir o volume dos cacos gerados tornou-se inviável por possuírem dimensões diversas, sendo impossível medir todos. Assim, pesaram-se os cacos. Em cada marmoraria utilizaram-se carrinhos para acondicionar e medir a produção, conforme Figuras 16 e 17. Para todos os carrinhos foram identificados tara e capacidade de carga em peso. Controlou-se então quantos carrinhos foram carregados por dia para remoção do resíduo e aferiu-se o peso total gerado por dia.

Diante da impossibilidade de medir o volume, foi necessário transformar o peso apurado em volume. A conversão embasou-se nas informações passadas pelos gestores das próprias empresas estudadas, os quais apontaram densidade média de 2800,00 kg/m³.

Figura 15: Caco gerado no corte e acabamento de chapas de mármore e granito.



Figura 16: Carrinho utilizado na medição da geração de cacos nas marmorarias.



Figura 17: Tara do carrinho para medição da geração de cacos nas marmorarias.



3.2.3 Entrevista *On Line*

A entrevista on line ampliou o conhecimento sobre o manejo e destinação dos cacos e casqueiros gerados na indústria de beneficiamento do mármore e granito. O questionário contou com 15 questões, 3 abertas e 12 fechadas. Das fechadas, 9 também ofereceram opção discursiva permitindo opinar ou dar resposta diferente das opções disponíveis. O questionário foi enviado a 450 empresas; 402 receberam o formulário on line; 48 não o receberam por erro no cadastro de associados do

SINDIROCHAS; 22 responderam (5,47%). As respostas foram consideradas relevantes por tratar-se das primeiras investigações sobre o tema, afora complementarem a análise do problema de pesquisa proposto.

O questionário colheu informações sobre cargo, processo produtivo e geração, recuperação, valorização e disposição final dos cacos e casqueiros. Também foi investigado se os empreendimentos são efetivamente cobrados pelos órgãos competentes para destinarem corretamente esses resíduos. O formulário é apresentado no APÊNDICE I.

3.2.4 Avaliação da Sustentabilidade

A avaliação da sustentabilidade proposta neste artigo abarcou as dimensões ambiental, social e econômica. Para tanto utilizou-se os indicadores propostos no CAPÍTULO 2 como apresentados nas tabelas 13 ,14 e 15.

Tabela 13: Indicadores da dimensão ambiental.

INDICADORES AMBIENTAIS	IMPACTO NA SUSTENTABILIDADE
Total de Água Recirculada (%)	Positivo
Geração Média de Lama Abrasiva (m ³ /mês)	Negativo
Geração Média de Caco e Casqueiro (m ³ /mês)	Negativo
Consumo Médio de Energia (kwh/mês)	Negativo

Tabela 14: Indicadores da dimensão econômica.

INDICADORES ECONÔMICOS	IMPACTO NA SUSTENTABILIDADE
Custo Médio para Destinação dos Resíduos (R\$/mês)	Negativo
Produção Média Mensal (m ³ /mês)	Negativo
Receita Média da Recuperação de Cacos e Casqueiros (R\$/mês)	Positivo
Total de Investimentos para Recuperação de Cacos e Casqueiros (R\$)	Positivo
Total de Investimentos Subsidiados (R\$)	Positivo

Tabela 15: Indicadores da dimensão Social.

INDICADORES SOCIAIS	IMPACTO NA SUSTENTABILIDADE
Número de Reclamações da Vizinhança (Ocorrências)	Negativo
Total de Empregos Diretos Gerados (Número de funcionários)	Positivo
Total de Afastamentos com Perda de Tempo (Ocorrências)	Negativo
Média Mensal de Horas de Treinamento (horas/mês)	Positivo
Total de Iniciativas de Educação Ambiental (Ocorrências)	Positivo
Total de Funcionários com Nível Superior (Número de funcionários)	Positivo
Total de Funcionários com Nível Técnico (Número de funcionários)	Positivo
Total de Funcionários com Nível Básico (Número de funcionários)	Negativo
Total de Funcionários do Sexo Feminino (Número de funcionários)	Positivo
Total de Funcionários com Necessidades Especiais (Número de funcionários)	Positivo

Como apresentado no CAPÍTULO 2, mensurados todos os indicadores de sustentabilidade, utilizou-se a metodologia de Vinyes et al. (2013) para análise da sustentabilidade. A metodologia permite comparar casos. Primeiramente, para cada indicador a ser mensurado é determinado seu impacto na sustentabilidade (Positivo ou Negativo), ou seja, para os indicadores negativos, quanto maior o valor mensurado, menor a contribuição para a sustentabilidade, e o inverso para os positivos.

A metodologia de Vinyes et al. (2013) calculado a contribuição de cada caso estudado. Definida a contribuição em %, determina-se a pontuação para cada indicador (Tabela 16).

Tabela 16: Escala de Pontuação para avaliação da sustentabilidade.

ESCALA DE PONTUAÇÃO					
CONTRIBUIÇÃO PARA SUSTENTABILIDADE	0%-20%	21%-40%	41%-60%	61%-80%	81%-100%
INDICADORES POSITIVOS	1	2	3	4	5
INDICADORES NEGATIVOS	5	4	3	2	1

Atribuídas as pontuações, conforme exemplo na Tabela 17, comparam-se os casos por dimensão, ou pelo valor global. No exemplo, o caso 1 pontuou mais, sendo mais sustentável do que o 2.

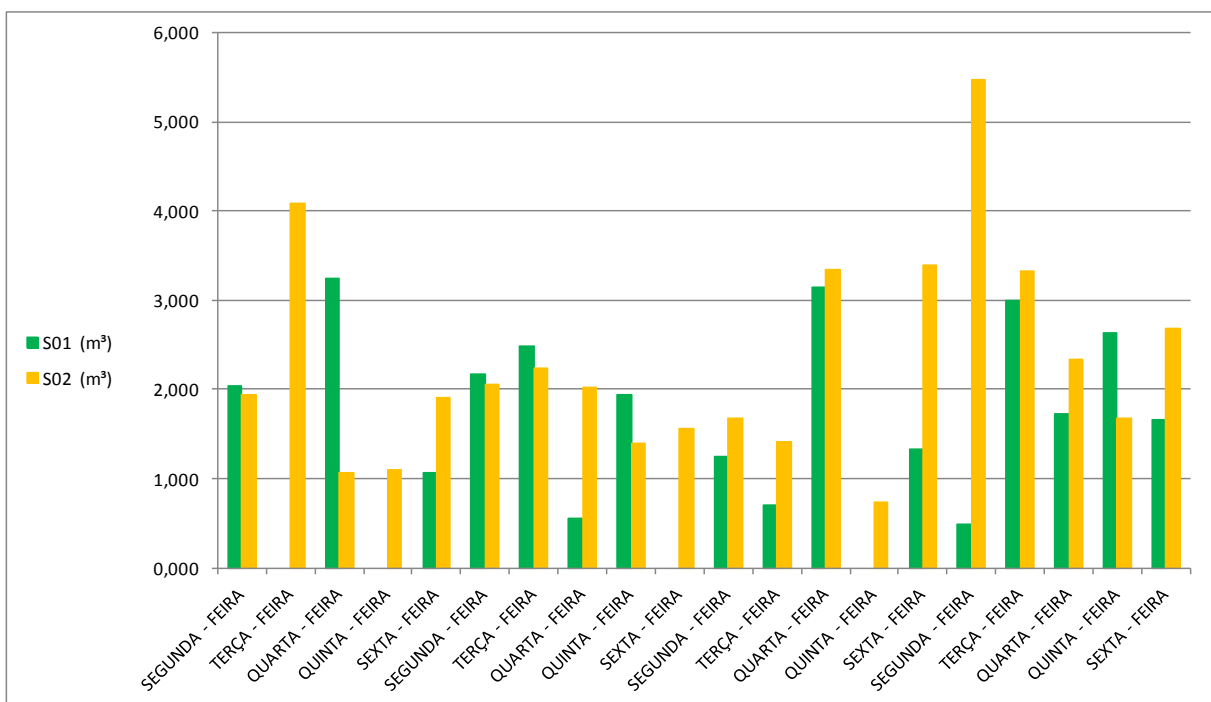
Tabela 17: Exemplo de análise dos indicadores (Vinyes et al., 2013).

DIMENSÕES E INDICADORES			RESULTADO		CONTRIBUIÇÃO		PONTUAÇÃO	
DIMENSÃO	INDICADOR	IMPACTO NA SUSTENTABILIDADE	A	B	A	B	A	B
AMBIENTAL	INDICADOR 1	Negativo	230	110	100%	48%	1	3
	INDICADOR 2	Positivo	57	21	100%	37%	5	2
	INDICADOR 3	Negativo	340	113	100%	33%	1	4
	INDICADOR 4	Positivo	210	300	70%	100%	4	5
	INDICADOR 5	Negativo	12	257	5%	100%	5	1
PONTUAÇÃO TOTAL							16	15

3.3. RESULTADOS

Inicialmente, a pesquisa de campo mensurou o total de cacos e casqueiros gerados nas serrarias e marmorarias estudadas nesta pesquisa. A Figura 18 compara o total gerado por dia das duas serrarias.

Figura 18: Resultados da medição do volume do casqueiro nas serrarias.



A serraria 1 (S1) beneficia os casqueiros gerados no empreendimento; a 2 (S2) destina os casqueiros; mas beneficiar esses resíduos ainda não é corriqueiro na empresa. A S1 gerou 86 casqueiros em 30 serradas, totalizando 29,44 m³, média de 1,47 m³/dia. Já S2 gerou 114 casqueiros em 57 serradas, totalizando 45,43 m³, 2,27 m³/dia em média.

Verifica-se também que dos 20 dias úteis mensurados, S1 não gerou resíduo em 4, diferente de S2, com geração diária de casqueiros. Essa diferença deve-se à produção de cada empresa. S1 possui 4 teares convencionais para serrar os blocos; S2 6, mais um tear multifio. No tear convencional um bloco é serrado em 36 horas em média, e no multifio em 8. Daí a produção de S2 ser maior, gerando diariamente casqueiros, o que não ocorre em S1.

Quanto ao volume, S2 gerou 54% a mais do que S1, mas S1 gerou mais casqueiros por serrada. Essa diferença ocorreu porque S1 serra os blocos denominados "Intera". Menores, as "interas" ocupam o espaço de um bloco convencional (Figura 19). Assim, mesmo gerando menos volume, S1 produziu mais casqueiros.

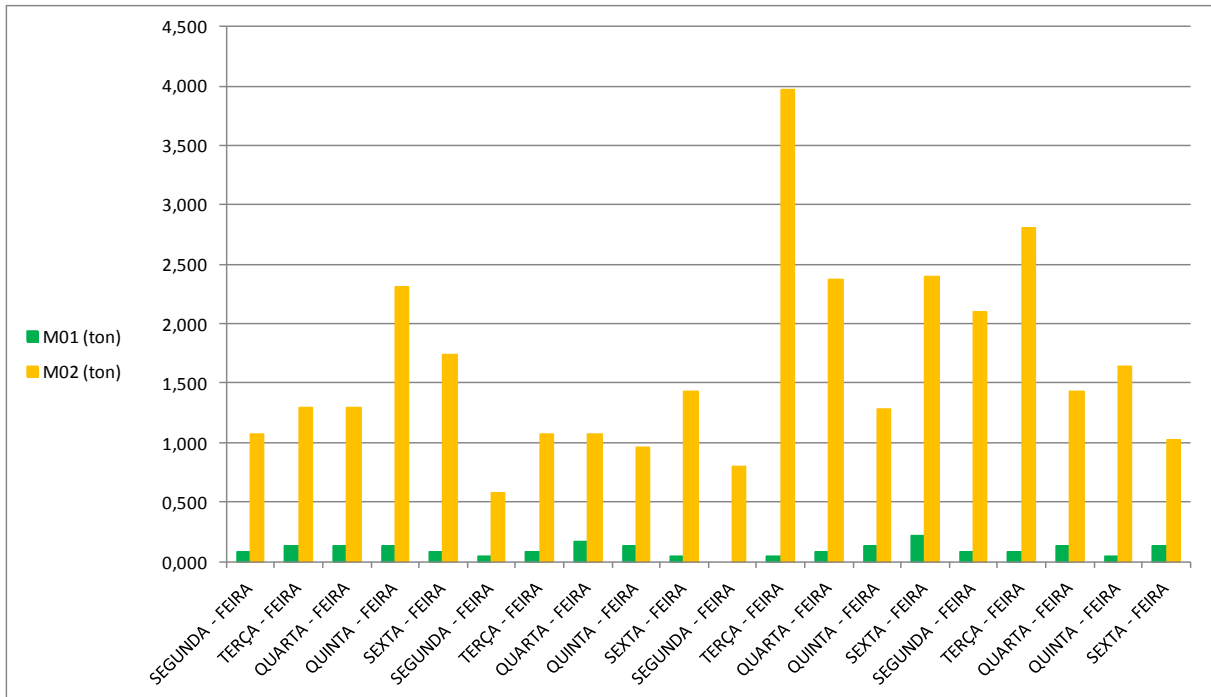


Figura 19: Exemplo de serragem de blocos "interas".

Quanto às medições nas marmorarias, apresentadas na Figura 20, M1 processa em média 505 m²/mês de chapas, com 1,90 ton de resíduos no período estudado, ou

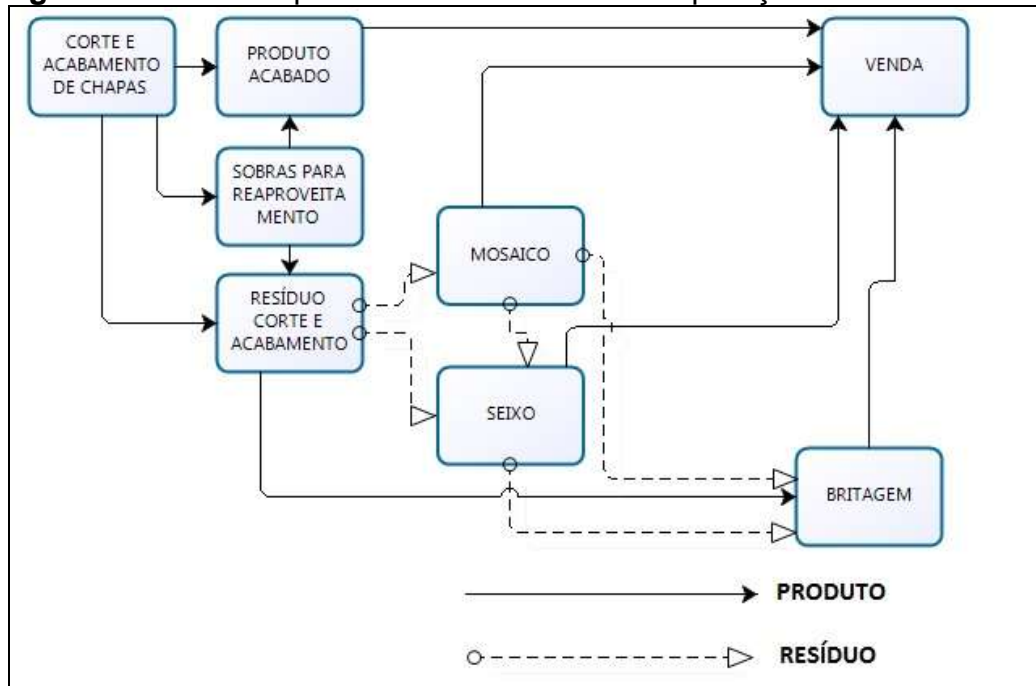
seja, 0,095 ton/dia. M2 processa em média 3500 m²/mês e gerou 32,65 ton, média de 1,63 ton/dia. Percebe-se assim que M2 processa aproximadamente 7 vezes mais do que M1, com 17 vezes mais resíduo.

Figura 20: Resultados da medição do caco nas marmorarias



Conforme medições, M2 gera expressivamente mais resíduos do que M1. Essa discrepância vincula-se a 2 fatores: i) foco produtivo do empreendimento; e ii) inexistência de recuperação de cacos. M1 produz diversos produtos com dimensões variadas. Os retalhos são armazenados para fabricação de outras peças, diminuindo expressivamente a quantidade de resíduos. M2 é especializada em produzir pisos e rodapés padronizados, daí grande parte dos retalhos não ser reaproveitada para produzir outros produtos, sendo encaminhados enquanto resíduos para disposição final. Outra questão relevante é a existência de recuperação de cacos. M1 possui sistema interno de recuperação e valorização de cacos, apresentado na Figura 21, assim processando todos os retalhos não reutilizados para fabricação de novos produtos como mosaicos, seixos, britas e granilhas.

Figura 21: Fluxo de produtos e resíduos na recuperação de cacos de M1.



A segunda etapa da pesquisa de campo identificou os produtos comumente fabricados com os resíduos de cacos e casqueiros. Nas serrarias, os casqueiros são reaproveitados principalmente na fabricação de peças para calçamento e obras civis não estruturais. Esses produtos possuem menos acabamento, são peças mais brutas. As figuras 22, 23, 24 e 25 apresentam exemplos de produtos fabricados com casqueiros.

Figura 22: Produto 1 fabricado com casqueiro.



Figura 23: Produto 2 fabricado com casqueiro.



Figura 24: Produto 3 fabricado com casqueiro.



Figura 25: Produto 4 fabricado com casqueiro.



Os resíduos de cacos gerados nas marmorarias são reaproveitados principalmente na fabricação de peças decorativas e revestimentos. São produtos mais refinados, com acabamento mais trabalhado, como mosaicos, seixos, britas e granilhas. As Figuras 26, 27, 28, 29 exemplificam produtos fabricados com cacos.

Figura 26: Mosaico fabricado com caco.



Figura 27: Seixo fabricados com caco



Figura 28: Brita decorativa fabricada com caco

Figura 29: Granilha fabricada com caco



A entrevista on line (APENDICE I) contou com 22 empresas participantes e ampliou o entendimento sobre a recuperação de cacos e casqueiros. As tabela 18 apresenta as respostas aferidas nas questões de 1 a 9. Já a tabela 19 apresenta os resultados apurados nas questões de 10 a 15.

Tabela 18: Respostas da entrevista *on line*.

QUESTÃO	RESPOSTAS OBTIDAS	ABSTENÇÕES	ALTERNATIVAS/RESPOSTAS	QUANTIDADE
1	22	0	Funcionário	11
			Sócio / Proprietário	10
			Outro. Qual?	1
			Consultor	0
			Diretor	0
2	22	0	Serragem de blocos	14
			Polimento de chapas	13
			Resinagem de chapas	10
			Corte de chapa e produção de pisos, pias, bancadas, fachadas, etc...	12
3	22	0	Sim	10
			Não	12
4	11	11	Construção Civil	5
			Construção Civil e Jardinagem	1
			Construção Civil e Melhorias de Estradas	1
			Enviados para aterro de entulho	1
			Moagem de Casqueiros para Fabricação de Cerâmica	1
			Utilização de Retalhos na Produção de Novos produtos	1
5	21	1	Sim	11
			Não. Quais os possíveis motivos?	10
6	22	0	Serragem de blocos	14
			Polimento de chapas	5
			Resinagem de chapas	2
			Corte de chapa e produção de pisos, pias, bancadas, fachadas, etc...	12
7	22	0	Pátio da empresa	20
			Retirada com caçamba estacionária	1
			Sem local específico	1
8	22	0	Sim	6
			Não. Quais os possíveis motivos?	16
9	21	1	Aterro Específico	2
			Estação Bota Fora para Entulho	3
			Sem Disposição final Específica	9
			Outro. Qual?	7

Tabela 19: Respostas da entrevista *on line* (continuação).

QUESTÃO	RESPOSTAS OBTIDAS	ABSTENÇÕES	ALTERNATIVAS/RESPOSTAS	QUANTIDADE
10	22	0	Não	18
			Pessoas Físicas	2
			Prefeituras	1
			Empresa de Processamento de Cacos e Casqueiros	1
			Outro. Qual?	2
11	22	0	Não	22
			Sim. Qual a estimativa de geração empregos?	0
12	22	0	Não	3
			Sim. Quais Benefícios	19
13	22	0	Não	14
			Sim. Qual o total gerado, ou estimativa, no último ano?	8
14	22	0	Não	18
			Sim. Qual a exigência?	4
15	2	20	Emissão de comprovante de doação do resíduo	2

Após aplicação do questionário, verificou-se que o resultado demonstra expressiva participação do gestor da empresa na resposta à entrevista. Os resultados também evidenciaram que as atividades de serraria e marmoraria foram bem representadas e equilibradas.

Outra constatação é que a maioria das empresas não considera cacos e casqueiros matéria-prima para novos produtos. Mesmo assim identificou-se que das 11 respostas obtidas na pergunta 4, 7 apontam possível reutilização na construção civil em muros, estradas e jardinagem.

Quando questionados sobre a possibilidade de obter retorno financeiro com a recuperação de cacos e casqueiros, das 21 respostas, 11 confirmaram a possibilidade de retorno financeiro e 10 a impossibilidade de obter renda com os resíduos. Esses entrevistados apontaram as seguintes dificuldades: i) consideram a retirada do material do pátio da empresa por terceiros um benefício, uma limpeza; ii) o casqueiro ocupa muito espaço institucional; iii) a inexistência de interessados pelo material; iv) custo do frete; v) baixo valor de venda do produto; falta de mão de obra e equipamentos para o processamento.

Quanto ao local de geração desses resíduos, observou-se um equilíbrio entre as etapas de serragem de blocos e corte e acabamento de chapas. Verificou-se também que o armazenamento temporário dos cacos e casqueiros é realizado no próprio pátio da empresa. Apenas um entrevistado indicou caçambas estacionárias.

Verificou-se o baixo aproveitamento dos resíduos pelas empresas. Dentre os motivos apresentados destacam-se: i) cacos e casqueiros contaminados com lama abrasiva; ii) falta de padrão do resíduo; iii) custo da mão de obra; iv) falta de empresa para recolhimento e reaproveitamento; v) falta de máquinas e equipamentos; vi) falta de recursos; e vii) falta de mercado;

Para as empresas que não reaproveitam todo o caco e casqueiros buscou-se compreender o destino dos resíduos. Dentre as respostas, 9 entrevistados não possuem destinação específica, 3 encaminham o resíduo para estação bota-fora de entulho e 2 encaminham para aterro. 7 empresas dão outro destino: obras e estradas, empresa de beneficiamento de resíduos e uso na empresa. Evidenciou-se também que o manejo de cacos e casqueiros não conta com parcerias para disposição final, os que informaram possuir parceria informaram o envio para estações bota-fora de entulho e doações.

Todos os entrevistados indicaram ausência de programa específico de recuperação de cacos e casqueiros. No entanto 19 entrevistados reconhecem benefícios para a Sociedade como um todo. São eles: i) preservação ambiental; ii) geração de emprego e renda; iii) matéria-prima alternativa para a construção civil econômica. Do total de entrevistados, 14 empresas não possuem o controle da geração desses resíduos. 8 informaram controlar a geração de cacos e casqueiros.

Para as empresas com histórico, perguntou-se o quantitativo de resíduos gerados, ou mesmo uma estimativa anual. Obtiveram-se as seguintes respostas: i) 180 toneladas por ano; ii) 63,0 m³ de casqueiros, porém não controle a geração de cacos; iii) de 500,0 a 1000,0 m²; iv) aproximadamente 170 toneladas de casqueiros e 40 caçambas de 7 m³ por mês; v) em média 432 casqueiros por ano; vi) 36 casqueiros por mês, mas sem pesagem; vii) em média 20% a 25% do total de chapas processadas; e viii) aproximadamente 2000,0 m².

Em relação a existência de alguma exigência específica quanto à recuperação de cacos e casqueiros. 18 empresas responderam não ser exigida a recuperação. As empresas que são exigidas a recuperarem os cacos e casqueiros informaram que suas exigências são: i) especificar a disposição final do resíduo; ii) a exigência consta nas condicionantes da Licença de Operação; iii) destinar os cacos em empresas licenciadas pelo órgão ambiental competente.

Após a aplicação dos questionários, procedeu-se a avaliação dos impactos da recuperação de cacos e casqueiros na sustentabilidade das empresas. A Tabela 20 apresenta os resultados da avaliação da sustentabilidade. De modo geral, M1 obteve 73 pontos e foi a empresa com melhor resultado em todas as dimensões da sustentabilidade, demonstrando que os esforços da empresa na implantação do programa "lixo Zero" proporcionou ganhos na sustentabilidade. O segundo melhor resultado foi de M2, com 53 pontos, seguido de S1, 40, e S2, 36.

Na dimensão ambiental as marmorarias M1 e M2 obtiveram os melhores resultados, destacando-se ligeiramente a M1. Esses resultados relacionam-se com a geração de resíduos nos empreendimentos. As serrarias S1 e S2 beneficiam muito mais mármore e granitos, gerando assim mais resíduos e consumindo mais energia. A única diferença entre M1, 20 pontos, e M2, 19, foi a quantidade de cacos gerados no empreendimento, demonstrando a relevância da recuperação de cacos de M1. No caso das serrarias, S1 obteve 15 pontos e S2 8. Essa diferença correlaciona-se também com a quantidade de resíduo gerado e o consumo de energia, não com a recuperação de casqueiros.

Na dimensão econômica, Tabela 20, as marmorarias M1 e M2 também obtiveram os melhores resultados em relação às serrarias S1 e S2. Porém, há diferença expressiva entre o resultado de M1 e as demais empresas. M1 obteve 21 pontos, M2 9, S1 8 e S2 5.

M1 obteve tal resultado por ausência de custos de destinação de resíduos, consumo menor de matéria-prima, receita e investimentos elevados pela recuperação de cacos. Esse resultado confirma os impactos positivos de tal atividade na sustentabilidade da empresa. A recuperação de casqueiros proporcionou melhores resultados a S1 em relação a S2, diferença ofuscada pelos resultados de M1.

Tabela 20: Avaliação da sustentabilidade das indústrias de beneficiamento de mármore e granito.

DIMENSÕES E INDICADORES			RESULTADOS				CONTRIBUIÇÃO				PONTUAÇÃO			
DIMENSÕES	INDICADORES	IMPACTO NA SUSTENTABILIDADE	S1	S2	M1	M2	S1	S2	M1	M2	S1	S2	M1	M2
AMBIENTAL	Total de Água Recirculada (%)	Positivo	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	5	5	5	5
	Geração Média de Lama Abrasiva (m³/mês)	Negativo	222	371	0	7	60%	100%	0%	2%	3	1	5	5
	Geração Média de Caco e Casqueiro (m³/mês)	Negativo	29	45	0,70	11,66	65%	100%	2%	26%	2	1	5	4
	Consumo Médio de Energia (Kwh/mês)	Negativo	98226	170828	3486	3413	57%	100%	2%	2%	3	1	5	5
											13	8	20	19
ECONÔMICA	Custo Médio para Destinação dos Resíduos (R\$/mês)	Negativo	R\$ 292,68	R\$ 383,90	0	R\$ 423,35	69%	91%	0%	100%	2	1	5	1
	Produção Média Mensal (m³/mês)	Negativo	368	640	10	70	57%	100%	2%	11%	3	1	5	5
	Receita Média Gerada na Recuperação de Cacos e Casqueiros (R\$/mês)	Positivo	R\$ 3.083,33	R\$ 570,00	R\$ 35.116,17	0	9%	2%	100%	0%	1	1	5	1
	Total de Investimentos para Recuperação de Cacos e Casqueiros (R\$)	Positivo	R\$ 2.700,00	0	R\$ 140.000,00	0	2%	0%	100%	0%	1	1	5	1
	Total de Investimentos Subsidiados (R\$)	Positivo	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	1	1	1	1
											8	5	21	9
SOCIAL	Média Mensal de Horas de Treinamento (horas/mês)	Positivo	2,7	1,3	34,00	1	8%	4%	100%	3%	1	1	5	1
	Número de Reclamações da Vizinhança (Ocorrências)	Negativo	0	1	0	0	0%	100%	0%	0%	5	1	5	5
	Total de Afastamentos com Perda de Tempo (Ocorrências)	Negativo	0	0	0	0	0%	0%	0%	0%	5	5	5	5
	Total de Empregos Diretos Gerados (Número de funcionários)	Positivo	12	56	11	16	21%	100%	20%	29%	2	5	1	2
	Total de Funcionários com Necessidades Especiais (Número de funcionários)	Positivo	0%	0%	0	0	0%	0%	0%	0%	1	1	1	1
	Total de Funcionários com Nível Básico (Número de funcionários)	Negativo	100%	88%	91%	81%	100%	88%	91%	81%	1	1	1	1
	Total de Funcionários com Nível Superior (Número de funcionários)	Positivo	0%	13%	9%	6%	0%	100%	73%	50%	1	5	4	3
	Total de Funcionários com Nível Técnico (Número de funcionários)	Positivo	0%	0%	0%	13%	0%	0%	0%	100%	1	1	1	5
	Total de Funcionários do Sexo Feminino (Número de funcionários)	Positivo	0%	21%	64%	13%	0%	34%	100%	20%	1	2	4	1
	Total de Iniciativas de Educação Ambiental (Ocorrências)	Positivo	0	0	6	0	0%	0%	100%	0%	1	1	5	1
											19	23	32	25
PONTUAÇÃO FINAL DA AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE											40	36	73	53

Na dimensão social, Tabela 20, o resultado das marmorarias superou o das serrarias. M1 computou 32 pontos, seguido por M2 com 25, S2 com 23 e S1 com 19. O destaque de M1 deveu-se a aspectos como investimento no treinamento de funcionários, ausência de reclamações da vizinhança e afastamentos com perda de tempo, quantidade de funcionários com curso superior, funcionários do sexo feminino e as iniciativas de educação ambiental. O investimento nos recursos humanos de M1 relaciona-se diretamente à recuperação de cacos. M2 obteve o segundo melhor resultado pela porcentagem de funcionários com curso superior e do sexo feminino. M2 também foi a única empresa com funcionários com curso técnico. A diferença entre de S2 e S1 relaciona-se aos recursos humanos, pois S1 obteve o pior resultado por só possuir funcionários com nível básico.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo se propôs avaliar os impactos da recuperação e valorização de resíduos na sustentabilidade de 4 empresas. A primeira conclusão desta pesquisa é a quantificação de cacos e casqueiros. Observou-se que a forma como a matéria-prima é beneficiada e o produto fabricado pelo empreendimento influenciam na geração de cacos e casqueiros. A serraria que beneficia os blocos denominados "interas" gera mais casqueiro por serrada. E a marmoraria especializada num produto específico gera mais cacos por dificuldade de reutilizar os retalhos da produção.

Em marmoraria, recuperação e valorização de cacos é fundamental para a redução desses resíduos, tornando-os matéria-prima para novos produtos com valor agregado. Essa recuperação na empresa também se mostrou eficiente, pois a produção é centralizada e o resíduo de uma etapa de recuperação é utilizado como matéria-prima na outra etapa.

A segunda conclusão do trabalho é em relação ao manejo de cacos e casqueiros. Na entrevista On Line, verificou-se que os próprios gestores das empresas responderam o questionário. No entanto a maioria dos entrevistados ainda não percebe os cacos e casqueiros enquanto matéria-prima para fabricar novos

produtos. E os que reconhecem a possibilidade de recuperar e reaproveitar esses resíduos os direcionam para fins menos nobres e com baixo, ou nenhum, valor agregado.

Esses entrevistados afirmarem que não recuperam todo caco e casqueiro e não dão destinação específica reforça não serem esses resíduos considerados oportunidade de geração de renda para os empreendimentos. Contudo, a maioria reconhece a importância desse processo para a Sociedade.

A terceira conclusão da pesquisa é em relação aos produtos fabricados utilizando os cacos e casqueiros enquanto matéria-prima. Observou-se que os produtos fabricados com caco, gerado na marmoraria, são mosaicos, seixos, britas e granilhas. De acabamento mais refinado, são aplicados principalmente em decoração, agregando valor ao produto. Já os produtos fabricados com casqueiro, gerado na serraria, possuem menos acabamento, ou nenhum, e são aplicados principalmente na pavimentação. Essa aplicação agrega menos valor ao produto.

A quarta conclusão do estudo é o cotejo recuperação e valorização de cacos e casqueiros x avaliação da sustentabilidade das empresas de beneficiamento de mármore e granito. Comprovou-se a contribuição da recuperação de cacos na empresa M1 para a sustentabilidade do empreendimento.

Tal conclusão também se vincula às posturas e decisões dos gestores da empresa. Para solucionar problema com a disposição final de cacos, os gestores promoveram inovação, dotada de empreendedorismo, reaproveitando esses resíduos para produzir brita, granilhas e seixos artesanais. Com o desenvolvimento do negócio, os cacos foram utilizados também para produção de mosaicos decorativos, comuns no revestimento de ambientes.

Atualmente M1 possui fábrica de mosaicos artesanais e peças decorativas produzidas com resíduos de mármore e granito. Estima-se que o comércio desses produtos arrecadará aproximadamente R\$ 420.000,00 por ano. Todas as ações realizadas para concretizar a iniciativa proporcionaram a M1 bons resultados nas dimensões ambiental, econômica e social.

As marmorarias obtiveram melhores resultados na avaliação da sustentabilidade. Esse resultado é influenciado pelo baixo consumo de insumos e matérias-primas quando comparado com as serrarias. Por isso a geração de resíduos também é expressivamente menor. Constatou-se que a marmoraria que recupera cacos (M1) foi mais sustentável do que a outra sem processo de recuperação (M2), bem como em relação às serrarias. Esse resultado representa contribuição clara da recuperação de cacos para a sustentabilidade de M1.

A serraria que beneficia os casqueiros (S1) obteve resultado melhor em relação a outra serraria (S2). Esse resultado não representa contribuição clara da recuperação de cacos na sustentabilidade da empresa. O resultado de S2 foi pior por sua produção mensal, consumo de insumos, utilização de matéria-prima e geração de resíduos, não por não beneficiar os casqueiros gerados em sua indústria.

Quanto as limitações da pesquisa, aponta-se o tamanho da amostra e as diferenças entre os materiais processados (mármore e granitos) por essas empresas. Esse cenário deve ser melhor investigado em pesquisa ampla de diversos tipos de granitos processados pela indústria. No entanto, o processo de avaliação da sustentabilidade apresentado nesse estudo, a abordagem da recuperação e valorização de resíduos como aspecto importante para melhoria da sustentabilidade das empresas e a generalização de uso são as grandes contribuições do trabalho para a academia possibilitando o desenvolvimento de novas pesquisas.

3.5 REFERÊNCIAS

ACCHAR, W. et al. Effect of marble and granite sludge in clay materials. **Materials Science & Engineering A**, vol. 419, n. 1, p. 306-309, 2006.

ALMEIDA, N. et al. Recycling of stone slurry in industrial activities: application to concrete mixtures. **Building and Environment**, vol. 42, n. 2, p. 810-819, 2007.

ARAÚJO, Euzébio Soares de. **Utilização dos resíduos em serragem de granitos na produção de tijolos Silica-Cal para uso em construção civil**. 2002. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

BACARJI, E. et al. Sustainability perspective of marble and granite residues as concrete fillers. **Construction and Building Materials**, vol. 45, p. 1-10, 2013.

BARROS, Pedro Gustavo dos Santos. **Avaliação das propriedades de durabilidade do concreto auto-adensável obtido com resíduo de corte de mármore e granito**. 2008. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL.

BARROS, R.L.P. **Diagnóstico da situação da gestão ambiental nas indústrias do setor de mármore e granitos**. Sebrae-ES, 2004. Disponível em <<http://gestaoportal.sebrae.com.br/uf/espírito-santo/areas-de-tuacao/industria/rochas-ornamentais/biblioteca/visualizar-bol/documento/4C2A9610ECF7BF07832572DE00712A9A>>. Acesso em: 04 mar.2014.

BINICI, H. et al. Durability of concrete made with granite and marble as recycle aggregates. **Journal of Materials Processing Technology**. vol. 208, n.1-3, p, 299-308, 2008.

BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 03 out. 2013.

CABRAL, Daniel Henrique Pires. **Uso de rejeitos do granito rain forest para a produção de revestimentos cerâmicos com baixa absorção de água**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Centro Tecnológico, Universidade Federal do Ceará, Recife, PE.

CHUNG, S. S; LO, C. W. H. Evaluating sustainability in waste management: The case of construction and demolition, chemical and clinical wastes in Hong Kong. **Resources, Conservation and Recycling**. vol. 37, n. 2, p. 119-145, 2003.

DARBY, L.; JENKINS, H. Applying sustainability indicators to the social enterprise business model: the development and application of an indicator set for Newport Wastesavers, Wales. **International Journal of Social Economics**, vol. 33, n. 5-6, p. 411-431, 2006.

DESTEFANI, André Zotelle. **Utilização do planejamento experimental na adição do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais para produção de blocos prensados de encaixe**. 2009. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Centro Tecnológico, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.

ELDABI, T. et al. Quantitative and qualitative decision-making methods in simulation modelling. **Management Decision**, vol. 40, n.1, p. 64-73, 2002.

ESPÍRITO SANTO. **Rota do mármore e granito**. Disponível em: <http://www.es.gov.br/EspiritoSanto/paginas/rota_marmore_granito.aspx>. Acesso em: 04 ago. 2013.

FAGANELLO, Luciana. **Avaliação do desempenho de concretos obtidos com a incorporação do resíduo do acabamento e manufatura de mármore e granitos**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

FEITOSA, Alan de Oliveira. **Utilização do resíduo da serragem de granito para uso em blocos de concreto sem função estrutural**. 2004. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Centro Tecnológico, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

- FILHO, Heitor Fernandes Mothe. **Caracterização e aplicação tecnológica do rejeito da indústria do mármore e do granito**. 2003. 137 f. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.
- FILHO, Maurício Lordêllo dos Santos Souza. **A utilização de co-produtos da siderurgia e da indústria de beneficiamento de rochas ornamentais na produção de tijolos prensados**. 2005. 218 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.
- GEHRKE, Amanda Elisa Barros. **Indicadores de sustentabilidade como ferramenta de apoio a gestão pública de resíduos da construção civil em municípios de pequeno porte**. 2012. 222f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS.
- GOMES, Kíria Nery Alves do Espírito Santo. **Avaliação da influência da utilização do resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG) como fíler nas propriedades do concreto**. 2008. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.
- GONÇALVES, Gabriel Pereira. **Estudo da substituição da cal hidratada por resíduo de mármore na produção de argamassa**. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Centro Tecnológico, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.
- LISBOA, Edvaldo Monteiro. **Avaliação da adição de um biopolímero e de resíduo de mármore e granito nas propriedades do concreto**. 2011. 100 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Centro Tecnológico, Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, AL.
- LISBÔA, Edvaldo Monteiro. **Obtenção do concreto autoadensável utilizando resíduo do beneficiamento do mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas**. 2004. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Centro Tecnológico, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL.
- LOPES, João Luiz Macedo Prudêncio. **Influência da utilização do resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG), como fíler, nas propriedades do concreto**. 2007. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.
- MENIKPURA, S. N. M. et al. Evaluation of the effect of recycling on sustainability of municipal solid waste management in Thailand. **Waste Biomass Valor**, vol. 4, n. 2, p. 237-257, 2013.
- MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação**. 2002. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.
- MIRANDA, Rita Angélica Cardoso. **Viabilidade técnica da aplicação de resíduo de beneficiamento de mármore e granito em tijolos de solo-cimento**. 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.
- MISRA, K. B. Sustainability: Motivation and pathways for implementation. In: **Handbook of performability engineering**. Springer London, p. 843-856, 2008.

- MOURA, W. A.; LEITE, M. B. Estudo da viabilidade da produção de blocos com utilização de resíduo de serragem de rochas ornamentais para alvenaria de vedação. **Rem: Rev. Esc. Minas**, vol. 64, n. 2, p.147-154, 2011.
- NEPOMUCENO, M. et al. Methodology for mix design of the mortar phase of self-compacting concrete using different mineral additions in binary blends of powders. **Construction and Building Materials**, vol. 26, n.1, p. 317-327, 2012.
- POLAZ, Carla Natacha Marcolino. **Indicadores de sustentabilidade para gestão de resíduos sólidos urbanos**. 2008. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, SP.
- PONTES, Ivan Falcão. **Aproveitamento de finos gerados nas serragens de mármore e granitos**. 2001, 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.
- RAJGOR, M & PITRODA, J. Stone sludge: economical solution for manufacturing of bricks. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)**, vol. 2, n. 5, p.16-20, 2013.
- RUBIO, M.C. et al. Reuse of waste material from decorative quartz solid surfacing in the manufacture of hot bituminous mixes. **Construction and Building Materials**, vol. 24, n. 4, p. 610-618, 2010.
- SABOYA, F. et al. The use of the powder marble by-product to enhance the properties of brick ceramic. **Construction and Building Materials**, vol. 21, n. 10, p. 1950-1960, 2007.
- SANTIAGO, L.S & DIAS, S.M.F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 17, n. 2, p.203-212, 2012.
- SANTOS, A. et al. Cascade approach on recycling for marble and granite product design. **Materials and Design**. vol. 30, n. 2, p. 287-291, 2009.
- SANTOS, Carlos Lacy. **Materiais corretivos da acidez do solo no desenvolvimento inicial e nutrição da cultura da mamona**. 2010. 48 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.
- SCOTTI, Miguel Angelo. **Implementação de estratégias de internacionalização de empresas: um processo de aprendizagem organizacional**. 2002. 223 f. Dissertação (Mestrado em Administração), Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, RJ.
- SEGADAES, A. M. Use of phase diagrams to guide ceramic production from wastes. **Advances in Applied Ceramics**, vol. 105, n. 1, p. 46-54, 2006.
- SEGADÃES, A.M et al. Using marble and granite rejects to enhance the processing of clay products. **Applied Clay Science**, vol. 30, n. 1, p. 42-52, 2005.
- SILVA, Farah Diba da. **Estudo da reutilização do rejeito industrial de mármore e granitos na indústria cerâmica e na construção civil**. 2009. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.
- SILVA, J. B et al. Incorporação de lama de mármore e granito em massas argilosas. **Cerâmica**, vol. 51, p. 325-330, 2005.

SILVA, João Batista da. **Reaproveitamento de resíduos oriundos da serragem de mármore e granito das indústrias do Rio Grande do Norte como matéria-prima de cerâmica vermelha**. 2003. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.

SINDIROCHAS. **Dados de exportação**. Disponível em <http://sindirochas.com/dados-de-exportacao/>>. Acesso em: 26 ago.2014.

SINGH, M. et al. Strength characteristics of SBS modified asphalt mixes with various aggregates. **Construction and Building Materials**. vol. 41, p. 815-823, abril 2013.

SOUZA, Joselito Novaes de. **Utilização do resíduo proveniente da serragem de rochas graníticas como fíler no concreto asfáltico usinado a quente**. 2001. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

STANISKIS, J. K.; V. ARBACIAUSKAS. Sustainability performance indicators for industrial enterprise management. **Environmental Research, Engineering and Management**. vol. 48, n. 2, p. 42-50, 2009.

STASISKIENE, Z. et al. Assessing the sustainability of the lithuanian hazardous waste management system. **Journal of Industrial Ecology**. vol. 15, n. 2, p. 268-283, 2011.

VIEIRA, Francisco Antonio. **Processamento e caracterização de materiais cerâmicos obtidos através da incorporação de resíduos de mármore e granito provenientes das indústrias do RN**. 2004. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Centro Tecnológico, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.

XAVIER, Gustavo de Castro. **Utilização de resíduos da serragem do mármore e granito na confecção de peças cerâmicas vermelhas**. 2001. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.

YEHEYIS, M. et al. An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. **Clean Techn Environ Policy**, vol. 15, n. 1, p. 81–91, 2013.

O objetivo da presente pesquisa foi avaliar como que o processo de recuperação e valorização de resíduos contribui para a sustentabilidade corporativa. Para tanto foi avaliado a gestão sustentável de cacos e casqueiros da indústria de beneficiamento de mármore e granito.

As principais contribuições do trabalho foram a proposição de metodologia de seleção de indicadores de sustentabilidade com base na migração do conhecimento científico já produzido para a aplicação na realidade que estudo se propõem e a correlação do processo de avaliação da sustentabilidade via indicadores com a recuperação e valorização de resíduos, nesse caso cacos e casqueiros. A abordagem da recuperação e valorização de resíduos como aspecto importante para melhoria da sustentabilidade das empresas e a generalização de uso são as grandes contribuições do trabalho para a academia possibilitando o desenvolvimento de novas pesquisas.

Quanto ao primeiro objetivo específico, definiu-se como metodologia para seleção de indicadores a utilização da procedimento Proknow-C para a seleção de artigos relevantes compondo o portfólio bibliográfico. Em seguida, procedeu-se a análise bibliométrica com a identificação dos artigos focados na avaliação da sustentabilidade da gestão de resíduos. Para esses artigos, identificou-se os indicadores utilizados e os seus objetivos de mensuração. Finalizando o procedimento, buscou-se na realidade a ser estudada as informações e dados necessários para a avaliação da sustentabilidade.

Os indicadores da dimensão ambiental visam mensurar impactos aos recursos hídricos, atmosféricos e ao solo, a geração, tratamento e disposição final dos resíduos, os danos aos recursos bióticos e ao ecossistema, questões relacionadas à fonte (renovável ou não) e consumo de energia, alterações climáticas e aquecimento global, e a toxicidade ambiental e humana.

Os indicadores da dimensão econômica voltam-se a questões relacionados aos custos da gestão dos resíduos, consumo de materiais e combustível, impactos positivos da gestão dos resíduos na economia, geração de renda, produção e produtividade da gestão de resíduos, captação de recursos subsidiados e custos com mitigação ambiental.

Os indicadores da dimensão social se propõem medir os impactos da atividade de gestão de resíduos à vizinhança, geração de emprego e renda, condições e segurança do trabalho, uso e ocupação do solo urbano pela atividades de gestão dos resíduos, aceitação pública dos sistemas de gestão de resíduos, capacitação e treinamento de funcionários, bem como o nível de escolaridade, contribuição ao desenvolvimento local, promoção da igualdade, carga de trabalho e participação pública

Quanto ao segundo objetivo específico, atendido no artigo 2, conclui-se que a forma como a matéria-prima é beneficiada e o produto fabricado pelo empreendimento influencia na geração de cacos e casqueiros. A serraria que beneficia os blocos denominados "interas" gera mais casqueiro por serrada. E a marmoraria especializada em produto específico gera mais cacos por dificuldade de reutilizar os retalhos da produção.

A marmoraria que investiu na recuperação e valorização destacou-se na avaliação da sustentabilidade e ainda incrementou significativamente sua receita. A recuperação no sítio da empresa se mostrou eficiente, pois a produção é centralizada e o resíduo de uma etapa de recuperação é utilizado como matéria-prima na outra.

Os gestores das empresas se interessaram pelo estudo. No entanto a maioria dos entrevistados ainda não percebe os cacos e casqueiros como matéria-prima para a fabricação de novos produtos. E os que reconhecem a possibilidade direcionam os mesmos para fins menos nobres, com baixo ou nenhum valor agregado. O fato dos entrevistados afirmarem não recuperarem todo caco e casqueiro, não dando destinação específica a esse resíduo, comprova essa constatação.

Os produtos fabricados com caco, gerado na marmoraria, são mosaicos, seixos, britas e granilhas. Esses produtos possuem acabamento mais refinado, aplicados principalmente em decoração e possuem maior valor agregado. Os produtos fabricados com casqueiro, gerado na serraria, possuem menos acabamento, são aplicados principalmente na pavimentação e possuem menor valor agregado.

Quanto ao terceiro objetivo específico, conclui-se que a recuperação de cacos na empresa M1 de fato contribui para a sustentabilidade do empreendimento. A postura

dos gestores do empreendimento influenciam fortemente os ganhos em sustentabilidade. As marmorarias obtiveram melhores resultados na avaliação da sustentabilidade. M1 foi mais sustentável do que a outra marmoraria sem processo de recuperação (M2), bem como em relação às serrarias. A recuperação de cacos e casqueiros contribui claramente para ganhos em sustentabilidade na indústria de mármore e granito.

- ACCHAR, W. et al. Effect of marble and granite sludge in clay materials. **Materials Science & Engineering A**, vol. 419, n. 1, p. 306-309, 2006.
- AFGAN, N.H.; CARVALHO, M. G. Sustainability assessment of hydrogen energy systems. **International Journal of Hydrogen Energy**, vol. 29, n. 13, p. 1327-1342, 2004.
- AFONSO, M. H. F. et al. Como construir conhecimento sobre o tema de pesquisa? Aplicação do processo Proknow-C na busca de literatura sobre avaliação do desenvolvimento sustentável. **Revista de Gestão Social e Ambiental**, v. 5, n. 2, art. 4, p. 47-62, 2011.
- ALMEIDA, N. et al. Recycling of stone slurry in industrial activities: application to concrete mixtures. **Building and Environment**, vol. 42, n. 2, p. 810-819, 2007.
- ANTANASIJEVIĆ, D. et al. The forecasting of municipal waste generation using artificial neural networks and sustainability indicators. **Sustain Science**, vol. 8, n.1, p. 37-46, 2013.
- ARAÚJO, Euzébio Soares de. **Utilização dos resíduos em serragem de granitos na produção de tijolos Silica-Cal para uso em construção civil**. 2002. 108 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.
- ARIARATNAM, S. T. et al. Quantification of Sustainability Index for Underground Utility Infrastructure Projects. **J. Constr. Eng. Manage**, vol. 139, n.12, p. 1-9, 2013.
- AWASTHI, A.; CHAUHAN, S. S. Using AHP and DempstereShafer theory for evaluating sustainable transport solutions. **Environmental Modelling & Software**. vol. 26, p. 787-796, 2011.
- AZAPAGIC, A. Developing a framework for sustainable development indicators for the mining and minerals industry. **Journal of Cleaner Production**, vol. 12, n. 6, p. 639-662, 2004.
- BACARJI, E. et al. Sustainability perspective of marble and granite residues as concrete fillers. **Construction and Building Materials**, vol. 45, p. 1-10, 2013.
- BARROS, Pedro Gustavo dos Santos. **Avaliação das propriedades de durabilidade do concreto auto-adensável obtido com resíduo de corte de mármore e granito**. 2008. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL.
- BARROS, R.L.P. **Diagnóstico da situação da gestão ambiental nas indústrias do setor de mármore e granitos**. Sebrae-ES, 2004. Disponível em <<http://gestaoportal.sebrae.com.br/uf/espírito-santo/areas-de-tuacao/industria/rochas-ornamentais/biblioteca/visualizar-bol/documento/4C2A9610ECF7BF07832572DE00712A9A>>. Acesso em: 04 mar.2014.
- BASTIANONI, S. et al. Sustainability assessment of a farm in the Chianti area (Italy). **Journal of Cleaner Production**, vol. 9, n.4, p. 365-373, 2001.
- BASTIDA-RUIZ, E. et al. Analysis of indicators to evaluate the industrial parks contribution to sustainable development - Mexican case. **Management Research Review**, vol. 36, n. 12, p. 1272-1290, 2013.

- BELL, S; MORSE, T. Experiences with sustainability indicators and stakeholder participation: a case study relating to a 'blue plan' project in malta. **Sustainable Development**, vol. 12, n. 1, p. 1-14, 2004.
- BINICI, H. et al. Durability of concrete made with granite and marble as recycle aggregates. **Journal of Materials Processing Technology**. vol. 208, n.1-3, p, 299-308, 2008.
- BOER, J.den et al. LCA-IWM: a decision support tool for sustainability assessment of waste management systems. **Waste Management**, vol. 27, n. 8, p. 1032-1045, 2007.
- BONILLA, S. H. et al. Sustainability assessment of a giant bamboo plantation in Brazil: exploring the influence of labour, time and space. **Journal of Cleaner Production**, vol. 18, n. 1, p. 83-91, 2010.
- BRASIL. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e dá outras providências**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 03 out. 2013.
- BRAVOA, G. The human sustainable development index: new calculations and a first critical analysis. **Ecological Indicators**, vol. 37, part A, p. 145-150, 2014.
- BROWNA, N. W. O. et al. Sustainability assessment of renovation packages for increased energy efficiency for multi-family buildings in Sweden. **Building and Environment**, vol. 61, p. 140-148, 2013.
- BRUNDTLAND, Gro Harlem. **Nosso futuro comum: comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento**. 2. ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1991.
- CABRAL, Daniel Henrique Pires. **Uso de rejeitos do granito rain forest para a produção de revestimentos cerâmicos com baixa absorção de água**. 2009. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Centro Tecnológico, Universidade Federal do Ceará, Recife, PE.
- CAPES. Portal de Periódicos. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: Jun. 2014.
- CARDEN, K.; ARMITAGE, N. P. Assessing urban water sustainability in South Africa – not just performance measurement. **Water SA**, vol. 39, n. 3, p. 345-350, 2013.
- CASSARA, L. F. et al. Assessing the use and influence of sustainability indicators at the Europe an periphery. **Ecological Indicators**, vol. 35, p. 52-61, 2013.
- CASTILLO, H.; PITFIELD, D.E. ELASTIC – A methodological framework for identifying and selecting sustainable transport indicators. **Transportation Research Part D**, vol. 15, n. 4, p. 179-188, 2010.
- CAUWENBERGH, N. V. et al. SAFE - A hierarchical framework for assessing the sustainability of agricultural systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, vol. 120, n. 2-4, p. 229-242, 2007.
- CHAVES, H.M.L.; ALIPAZ, S. An integrated indicator based on basin hydrology, environment, life, and policy: the watershed sustainability index. **Water Resource Manage**, vol. 21, n. 5, p. 883-895, 2007.

CHOIA, H. C.; SIRAKAYAB, E. Sustainability indicators for managing community tourism. **Tourism Management**, vol. 27, n. 6, p. 1274-1289, 2006.

CHUNG, S. S; LO, C. W. H. Evaluating sustainability in waste management: The case of construction and demolition, chemical and clinical wastes in Hong Kong. **Resources, Conservation and Recycling**. vol. 37, n. 2, p. 119-145, 2003.

CUNHA, F.A.F.S.; SAMANEZ, C.P. Performance analysis of sustainable investments in the brazilian stock market: a study about the corporate sustainability index (ISE). **J Business Ethics**, vol. 117, n. 1, p. 19-36, 2013.

DARBY, L.; JENKINS, H. Applying sustainability indicators to the social enterprise business model: the development and application of an indicator set for Newport Wastesavers, Wales. **International Journal of Social Economics**, vol. 33, n. 5-6, p. 411-431, 2006.

DESTEFANI, André Zotelle. **Utilização do planejamento experimental na adição do resíduo do beneficiamento de rochas ornamentais para produção de blocos prensados de encaixe**. 2009. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Centro Tecnológico, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.

DRAGANOVICA, V. et al. Sustainability assessment of salmonid feed using energy, classical exergy and eco-exergy analysis. **Ecological Indicators**, vol. 34, p. 277–289, 2013.

EDIGERA, V.S. et al. Fossil fuel sustainability index: an application of resource management. **Energy Policy**, vol. 35, n. 5, p. 2969-2977, 2007.

EGILMEZA, G. et al. Supply chain sustainability assessment of the U.S. food manufacturing sectors: a life cycle-based frontier approach. **Resources, Conservation and Recycling**, vol. 82, p. 8-20, 2014.

ELDABI, T. et al. Quantitative and qualitative decision-making methods in simulation modelling. **Management Decision**, vol. 40, n.1, p. 64-73, 2002.

EROL, I. et al. Sustainability in the turkish retailing industry. **Sustainable Development**, vol. 17, n. 1, p. 49-67, 2009.

ESPÍRITO SANTO. **Rota do mármore e granito**. Disponível em: <http://www.es.gov.br/EspiritoSanto/paginas/rota_marmore_granito.aspx>. Acesso em: 04 ago. 2013.

FAGANELLO, Luciana. **Avaliação do desempenho de concretos obtidos com a incorporação do resíduo do acabamento e manufatura de mármore e granitos**. 2008. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

FEITOSA, Alan de Oliveira. **Utilização do resíduo da serragem de granito para uso em blocos de concreto sem função estrutural**. 2004. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental), Centro Tecnológico, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.

FILHO, Heitor Fernandes Mothe. **Caracterização e aplicação tecnológica do rejeito da indústria do mármore e do granito**. 2003. 137 f. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ.

FILHO, Maurício Lordêllo dos Santos Souza. **A utilização de co-produtos da siderurgia e da indústria de beneficiamento de rochas ornamentais na produção de tijolos prensados**. 2005. 218 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.

GEHRKE, Amanda Elisa Barros. **Indicadores de sustentabilidade como ferramenta de apoio a gestão pública de resíduos da construção civil em municípios de pequeno porte**. 2012. 222f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, RS.

GHISELLINIA, P. et al. Monitoring and evaluating the sustainability of Italian agricultural system: an emergy decomposition analysis. **Ecological Modelling**, vol. 271, p. 132-148, 2014.

GILBERT, A. Criteria for sustainability in the development of indicators for sustainable development. **Chemosphere**, vol. 33, n. 9, p. 1739-1748, 1996.

GOMES, Kíria Nery Alves do Espírito Santo. **Avaliação da influência da utilização do resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG) como fíler nas propriedades do concreto**. 2008. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

GONÇALVES, Gabriel Pereira. **Estudo da substituição da cal hidratada por resíduo de mármore na produção de argamassa**. 2011. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Centro Tecnológico, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.

GRAYMORE, M.L.M. et al. An index of regional sustainability: a GIS-based multiple criteria analysis decision support system for progressing sustainability. **Ecological Complexity**, vol. 6, n. 4, p. 453-462, 2009.

GRAYMORE, M.L.M. et al. Sustaining human carrying capacity: a tool for regional sustainability assessment. **Ecological Economics**, vol. 69, n. 3, p. 459-468, 2010.

HALOG, A.; MANIK, Y. Advancing integrated systems modelling framework for life cycle sustainability assessment. **Sustainability**, vol. 3, n. 2, p. 469-499, 2011.

HELLER, M. C.; KEOLEIAN, G. A. Assessing the sustainability of the US food system: a life cycle perspective. **Agricultural Systems**, vol. 76, n. 7, p. 1007-1041, 2003.

HERVA, M. et al. An approach for the application of the ecological footprint as environmental indicator in the textile sector. **Journal of Hazardous Materials**, vol. 156, n. 1-3, p. 478-487, 2008.

HERVA, M.; ROCA, E. Ranking municipal solid waste treatment alternatives based on ecological footprint and multi-criteria analysis. **Ecological Indicators**, vol. 25, p. 77-84, 2013.

HOLDEN, M. Sustainability indicator systems within urban governance: usability analysis of sustainability indicator systems as boundary objects. **Ecological Indicators**, vol. 32, p. 89-96, 2013.

HUANG, S.L.; HSU, W.L. Materials flow analysis and emergy evaluation of Taipei's urban construction. **Landscape and Urban Planning**, vol. 63, n. 2, p. 61-74, 2003.

HUETING, R.; REIJNDERS, L. Broad sustainability contra sustainability: the proper construction of sustainability indicators **Ecological Economics**, vol 50, p. 249-260, 2004.

HUME, A. A.; MCINTOSH, K. Construct validation of a measure to assess sustainability of school-wide behavior interventions. **Psychology in the Schools**, vol. 50, n. 10, p. 1003-1014, 2013.

IBÁÑEZ-FORÉS, V. et al. Assessing the sustainability of Best Available Techniques (BAT): methodology and application in the ceramic tiles industry. **Journal of Cleaner Production**, vol. 51, p. 162-176, 2013.

INFANTE, C.E.D.C. et al. Triple bottom line analysis of oil and gas industry with multicriteria decision making. **Journal of Cleaner Production**, vol. 52, p. 289-300, 2013.

KO, T. G. Development of a tourism sustainability assessment procedure: a conceptual approach. **Tourism Management**, vol. 26, n. 3, p. 431-445, 2005.

LECORRE, D. et al. Comparative sustainability assessment of starch nanocrystals. **J Polym Environ**, vol. 21, n. 1, p.71-80, 2013.

LEFROY, R. D. B. et al. Indicators for sustainable land management based on farmer surveys in Vietnam, Indonesia, and Thailand Agriculture. **Ecosystems and Environment**, vol. 81, n. 2, p. 137-146, 2000.

LEHMANN, A. et al. Social aspects for sustainability assessment of technologies - challenges for social life cycle assessment (SLCA). **Int J Life Cycle Assess**, vol. 18, n. 8, p. 1581-1592, 2013.

LIPOŠČAKA, M. et al. Sustainability assessment of cogeneration sector development in Croatia. **Energy**, vol. 31, n. 13, p. 2276-2284, 2006.

LISBOA, Edvaldo Monteiro. **Avaliação da adição de um biopolímero e de resíduo de mármore e granito nas propriedades do concreto**. 2011. 100 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Centro Tecnológico, Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, AL.

LISBÔA, Edvaldo Monteiro. **Obtenção do concreto autoadensável utilizando resíduo do beneficiamento do mármore e granito e estudo de propriedades mecânicas**. 2004. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Centro Tecnológico, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, AL.

LOPES, João Luiz Macedo Prudêncio. **Influência da utilização do resíduo de beneficiamento de mármore e granito (RBMG), como fíler, nas propriedades do concreto**. 2007. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

LOURENÇO, I.C.; BRANCO, M.C. Determinants of corporate sustainability performance in emerging markets: the brazilian case. **Journal of Cleaner Production**, vol. 57, p. 134-141, 2013.

LOZANO, R. A tool for a Graphical Assessment of Sustainability in Universities (GASU). **Journal of Cleaner Production**, vol. 14, p. 963-972, 2006.

- MAES, D.; PASSEL, S. V. Advantages and limitations of exergy indicators to assess sustainability of bioenergy and biobased materials. **Environmental Impact Assessment Review**, vol. 45, p. 19-29, 2014.
- MASCARENHAS, A. The role of common local indicators in regional sustainability assessment. **Ecological Indicators**, vol. 10, p. 646-656, 2010.
- MATEUS, R.; BRAGANÇA, L. Sustainability assessment and rating of buildings: developing the methodology SBToolPTeH. **Building and Environment**, vol. 46, p. 1962-1971, 2011.
- MENIKPURA, S. N. M. et al. Evaluation of the effect of recycling on sustainability of municipal solid waste management in Thailand. **Waste Biomass Valor**, vol. 4, n. 2, p. 237-257, 2013.
- MEUL, M et al. Validating sustainability indicators: focus on ecological aspects of flemish dairy farms. **Ecological Indicators**, vol. 9, p. 284-295, 2009.
- MEYAR-NAIMI, H.; VAEZ-ZADEH, S. Sustainability assessment of a power generation system using DSR-HNS framework. **Ieee Transactions On Energy Conversion**, vol. 28, n. 2, p. 327-334, 2013.
- MILANEZ, B. **Resíduos sólidos e sustentabilidade: princípios, indicadores e instrumentos de ação**. 2002. 206 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP.
- MILMAN, A.; SHORT, A. Incorporating resilience into sustainability indicators: an example for the urban water sector. **Global Environmental Change**, vol. 18, n. 4, p. 758-767, 2008.
- MIRANDA, Rita Angélica Cardoso. **Viabilidade técnica da aplicação de resíduo de beneficiamento de mármore e granito em tijolos de solo-cimento**. 2007. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio Ambiente), Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.
- MISRA, K. B. Sustainability: Motivation and pathways for implementation. In: **Handbook of performability engineering**. Springer London, p. 843-856, 2008.
- MORRISON-SAUNDERS, A. et al. Towards sustainability assessment follow-up. **Environmental Impact Assessment Review**, vol. 45, p. 38-45, 2014.
- MOURA, W. A.; LEITE, M. B. Estudo da viabilidade da produção de blocos com utilização de resíduo de serragem de rochas ornamentais para alvenaria de vedação. **Rem: Rev. Esc. Minas**, vol. 64, n. 2, p.147-154, 2011.
- MUNIZ JR, J. Os principais trabalhos na teoria do conhecimento tácito: pesquisa bibliométrica 2000-2011. **SIMPOI**, XIV Simpósio de Administração da Produção, Logística e Operações Internacionais, Anais, FGV-EAESP, de 24-26 de Agosto de 2011, p. 1-10.
- NEPOMUCENO, M. et al. Methodology for mix design of the mortar phase of self-compacting concrete using different mineral additions in binary blends of powders. **Construction and Building Materials**, vol. 26, n.1, p. 317-327, 2012.
- NOURR, M. Measuring sustainable development: Some empirical evidence for France from eight alternative indicators. **Ecological Economics**, vol. 67, n. 3, p. 441-456, 2008.

OBERNDORFER, U. et al. Does the stock market value the inclusion in a sustainability stock index? An event study analysis for German firms. **Journal of Environmental Economics and Management**, vol. 66, n. 3, p. 497-509, 2013.

OFORI-BOATENG, C.; LEE, K. T. An oil palm-based biorefinery concept for cellulosic ethanol and phytochemicals production: sustainability evaluation using exergetic life cycle assessment. **Applied Thermal Engineering**, vol. 62, n. 1, p. 90-104, 2014.

PANNEL, D. J. ; GLEN, N. A. A framework for the economic evaluation and selection of sustainability indicators in agriculture. **Ecological Economics**, vol 33, p. 135-149, 2000.

PANZONE, L.A. et al. The design of an environmental index of sustainable food consumption: a pilot study using supermarket data. **Ecological Economics**, vol. 94, p. 44-55, 2013.

PASSEL, S .V. Food miles to assess sustainability: a revision. **Sustainable Development**, vol. 21, n. 1, p. 1-17, 2013.

PEREIRA, C. L. F.; ORTEGA, E. Sustainability assessment of large-scale ethanol production from sugarcane. **Journal of Cleaner Production**, vol. 18, n. 1, p. 77-82, 2010.

POLAZ, Carla Natacha Marcolino. **Indicadores de sustentabilidade para gestão de resíduos sólidos urbanos**. 2008. 186f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Federal de São Carlos, SP.

PONS, O.; FUENTE, A. L. Integrated sustainability assessment method applied to structural concrete columns. **Construction and Building Materials**, vol. 49, p. 882-893, 2013.

PONTES, Ivan Falcão. **Aproveitamento de finos gerados nas serragens de mármore e granitos**. 2001, 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

POSADA, J. A. Potential of bioethanol as a chemical building block for biorefineries: preliminary sustainability assessment of 12 bioethanol-based products. **Bioresource Technology**, vol. 135, p. 490-499, 2013.

PULSELLI, R.M. et al. Emergy analysis of building manufacturing, maintenance and use: em-building indices to evaluate housing sustainability. **Energy and Buildings**, vol. 39, n. 5, p. 620-628, 2007.

RAJGOR, M & PITRODA, J. Stone sludge: economical solution for manufacturing of bricks. **International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE)**, vol. 2, n. 5, p.16-20, 2013.

RAMOS, T.B. Development of regional sustainability indicators and the role of academia in this process: the portuguese practice. **Journal of Cleaner Production**, vol. 17, n. 12, p. 1101-1115, 2009.

RAMOS, T.S.B.; CAEIRO, S. Meta-performance evaluation of sustainability indicators. **Ecological Indicators**, vol. 10, p. 157-166, 2010.

- RENNINGS, K; WIGGERING, H. Steps towards indicators of sustainable development: Linking economic and ecological concepts. **Ecological Economics**, vol 20, p. 25-36, 1997.
- ROY, R. et al. Rice farming sustainability assessment in Bangladesh. **Sustain Science**, vol. 9, n. 1, p. 31-44, 2014.
- ROZA, M. C. et al. Análise bibliométrica da produção científica sobre contabilidade pública no Encontro de Administração Pública e Governança (Enapg) e na Revista de Administração Pública (Rap), no período 2004-2009. **Porto Alegre**, v. 11, n. 20, p. 59-72, 2011.
- RUBIO, M.C. et al. Reuse of waste material from decorative quartz solid surfacing in the manufacture of hot bituminous mixes. **Construction and Building Materials**, vol. 24, n. 4, p. 610-618, 2010.
- SABOYA, F. et al. The use of the powder marble by-product to enhance the properties of brick ceramic. **Construction and Building Materials**, vol. 21, n. 10, p. 1950-1960, 2007.
- SAHELYET, H. R. et al. Developing sustainability criteria for urban infrastructure systems. **Can. J. Civ. Eng.**, vol. 32, n. 1, p. 72-85, 2005.
- SALA, S. et al. Life cycle sustainability assessment in the context of sustainability science progress (part 2). **Int J Life Cycle Assess**, vol. 18, n. 9, p. 1686-1697, 2013.
- SALA, S. et al. Progress in sustainability science: lessons learnt from current methodologies for sustainability assessment (part 1). **Int J Life Cycle Assess**, vol. 18, n. 9, p.1653-1672, 2013.
- SÁNCHEZ, G. F.; LÓPEZ, F. R. A methodology to identify sustainability indicators in construction project management—Application to infrastructure projects in Spain. **Ecological Indicators**, vol. 10, p. 1193-1201, 2010.
- SANDS, G.R; PODMOREA, T.H. A generalized environmental sustainability index for agricultural systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, vol. 79, n. 1, p. 29-41, 2000.
- SANTHANAM, G. R.; GOPALAKRISHNAN, K. Pavement life-cycle sustainability assessment and interpretation using a novel qualitative decision procedure. **J. Comput. Civ. Eng.**, vol. 27, n. 5, p. 544-554, 2013.
- SANTIAGO, L.S & DIAS, S.M.F. Matriz de indicadores de sustentabilidade para a gestão de resíduos sólidos urbanos. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 17, n. 2, p.203-212, 2012.
- SANTOS, A. et al. Cascade approach on recycling for marble and granite product design. **Materials and Design**. vol. 30, n. 2, p. 287-291, 2009.
- SANTOS, Carlos Lacy. **Materiais corretivos da acidez do solo no desenvolvimento inicial e nutrição da cultura da mamona**. 2010. 48 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.
- SARAVIA-CORTEZ, A.M. et al. Assessing environmental sustainability of particleboard production process by ecological footprint. **Journal of Cleaner Production**, vol. 52, p. 301-308, 2013.

SCHETKE, S.; HAASE, D. Multi-criteria assessment of socio-environmental aspects in shrinking cities. Experiences from eastern Germany. **Environmental Impact Assessment Review**, vol. 28, n. 7, p. 483-503, 2008.

SCHIANETZ, K.; KAVANAGH, L. Sustainability indicators for tourism destinations: a complex adaptive systems approach using systemic indicator systems. **Journal Of Sustainable Tourism**, vol. 16, n. 6, 2008.

SCHLÖR, H. et al. Methods of measuring sustainable development of the German energy sector. **Applied Energy**, vol. 101, p. 172-181, 2013.

SCHMIDT, M; SCHWEGLER, R. A recursive ecological indicator system for the supply chain of a company. **Journal of Cleaner Production**. vol. 16, n. 15, p. 1658-1664, 2008.

SCHMIDT, W.P.; BUTT, F. Life cycle tools within ford of Europe's product sustainability index case study Ford S-MAX & Ford Galaxy. **International Journal Life Cycle Management**, vol. 11, n. 5, p. 315-322, 2006.

SCOTTI, Miguel Angelo. **Implementação de estratégias de internacionalização de empresas: um processo de aprendizagem organizacional**. 2002. 223 f. Dissertação (Mestrado em Administração), Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas, Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro, RJ.

SEGADAES, A. M. Use of phase diagrams to guide ceramic production from wastes. **Advances in Applied Ceramics**, vol. 105, n. 1, p. 46-54, 2006.

SEGADÃES, A.M et al. Using marble and granite rejects to enhance the processing of clay products. **Applied Clay Science**, vol. 30, n. 1, p. 42-52, 2005.

SICHE, R. et al. Convergence of ecological footprint and emergy analysis as a sustainability indicator of countries: Peru as case study. **Commun Nonlinear Sci Numer Simulat**, vol. 15, n. 10, p. 3182-3192, 2010.

SILALERTRUKSA, T; GHEEWALA, S.H. Environmental sustainability assessment of bio-ethanol production in Thailand. **Energy**, vol. 34, p. 1933-1946, 2009.

SILVA, Farah Diba da. **Estudo da reutilização do rejeito industrial de mármore e granitos na indústria cerâmica e na construção civil**. 2009. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE.

SILVA, J. B et al. Incorporação de lama de mármore e granito em massas argilosas. **Cerâmica**, vol. 51, p. 325-330, 2005.

SILVA, João Batista da. **Reaproveitamento de resíduos oriundos da serragem de mármore e granito das indústrias do Rio Grande do Norte como matéria-prima de cerâmica vermelha**. 2003. 74 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.

SILVA, M. R. et al. Análise bibliométrica e cientométrica: desafios para especialistas que atuam no campo. **Ribeirão Preto**, v. 2, n. 1, p. 110-129, 2011.

SIMÕES, C. L. et al. Integrating environmental and economic life cycle analysis in product development: a material selection case study. **Int J Life Cycle Assess**, vol. 18, n. 9, p.1734-1746, 2013.

SINDIROCHAS. **Dados de exportação**. Disponível em <http://sindirochas.com/dados-de-exportacao/>>. Acesso em: 26 ago.2014.

- SINGH, M. et al. Strength characteristics of SBS modified asphalt mixes with various aggregates. **Construction and Building Materials**. vol. 41, p. 815-823, april 2013.
- SINGH, R. K. et al. Development of composite sustainability performance index for steel industry. **Ecological Indicators**, vol. 7, p. 565-588, 2007.
- SOETE et al, W. Exergetic sustainability assessment of batch versus continuous wet granulation based pharmaceutical tablet manufacturing: a cohesive analysis at three different levels. **Green Chemistry**, vol. 15, n. 11, p. 30-39, 2013.
- SONGA, Q. et al. Sustainability evaluation of e-waste treatment based on emergy analysis and the LCA method: a case study of a trial project in Macau. **Ecological Indicators**, vol. 30, p.138-147, 2013.
- SOUZA, Joselito Novaes de. **Utilização do resíduo proveniente da serragem de rochas graníticas como fíler no concreto asfáltico usinado a quente**. 2001. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB.
- STANISKIS, J. K.; V. ARBACIAUSKAS. Sustainability performance indicators for industrial enterprise management. **Environmental Research, Engineering and Management**. vol. 48, n. 2, p. 42-50, 2009.
- STARKL, M. et al. A planning-oriented sustainability assessment framework for peri-urban water management in developing countries. **Water Research**, vol. 47, n. 20, p. 7175-7183, 2013.
- STASISKIENE, Z. et al. Assessing the sustainability of the lithuanian hazardous waste management system. **Journal of Industrial Ecology**. vol. 15, n. 2, p. 268-283, 2011.
- TUGNOLIA, A. et al. Sustainability assessment of hydrogen production by steam reforming. **International Journal of hydrogen energy**, vol. 33, n. 16, p. 4345-4357, 2008.
- VANHAM, D.; BIDOGLIO, G. A review on the indicator water footprint for the EU28. **Ecological Indicators**, vol. 26, p. 61-75, 2013.
- VEGA-AZAMARA, R. E et al. An emergy analysis for urban environmental sustainability assessment, the Island of Montreal, Canada. **Landscape and Urban Planning**, vol. 118, p. 18-28, 2013.
- VELEVA, V. et al. Indicators for measuring environmental sustainability: a case study of the pharmaceutical industry. **Benchmarking: An International Journal**, vol. 10, n. 2, p. 107-119, 2003.
- VELEVA, V; ELLENBECKER, M. A proposal for measuring business sustainability. Adressing shortcomings in existing frameworks. **GMI Autumm**, vol. 31, p. 101-120, 2000.
- VELEVA, V; ELLENBECKER, M. Indicators of sustainable production: framework and methodology. **Journal of Cleaner Production**, vol. 9, n. 6, p. 519-549, 2001.
- VIEIRA, Francisco Antonio. **Processamento e caracterização de materiais cerâmicos obtidos através da incorporação de resíduos de mármore e granito provenientes das indústrias do RN**. 2004. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia), Centro Tecnológico, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN.

VILELA, L.O. Application of Proknow-C to select bibliography portfolio and bibliometric analysis about performance evaluation of knowledge management. **Revista Gestão Industrial**, v. 8, n. 1, p. 76-92, 2012.

VINYES, E. et al. Application of LCSA to used cooking oil waste management. **Int J Life Cycle Assess**, vol. 18, n. 2, p. 445-455, 2013.

WU, X. et al. Emergy-based sustainability assessment of an integrated production system of cattle, biogas, and greenhouse vegetables: insight into the comprehensive utilization of wastes on a large-scale farm in Northwest China. **Ecological Engineering**, vol. 61, (part A), p. 335-344, 2013.

XAVIER, Gustavo de Castro. **Utilização de resíduos da serragem do mármore e granito na confecção de peças cerâmicas vermelhas**. 2001. 190 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia), Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, RJ.

YANG, P. et al. Sustainability needs and practices assessment in the building industry of China. **Energy Policy**, vol. 57, p. 212-220, 2013.

YANG, S. Revision and extension of eco-LCA metrics for sustainability assessment of the energy and chemical processes. **Environ. Sci. Technol.**, vol. 24, n. 47, p. 14450-14458, 2013.

YEHEYIS, M. et al. An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability. **Clean Techn Environ Policy**, vol. 15, n. 1, p. 81–91, 2013.

YIGITCANLAR, T.; DUR, F. Developing a sustainability assessment model: the sustainable infrastructure, land-use, environment and transport model. **Sustainability**, vol. 2, n. 1, p. 321-340, 2010.

ZHOU, Z. et al. Life cycle sustainability assessment of fuels. **Fuel**, vol. 86, n. 1-2, p. 256-263, 2007.

ZIOUT, A. et al. Multi-criteria decision support for sustainability assessment of manufacturing system reuse. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, vol. 6, n. 1, p. 59-69, 2013.

**QUESTIONÁRIO DA ENTREVISTA ON LINE
RECUPERAÇÃO DE CACOS E CASQUEIROS NA INDUSTRIA DE
BENEFICIAMENTO DE MÁRMORE E GRANITO**

Sou Vinícius Freisleben Bernardi (vinicius@rgac.com.br), aluno do Mestrado Profissional em Engenharia e Desenvolvimento Sustentável da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) (<http://www.engenhariaedesenvolvimentosustentavel.ufes.br/pos-graduacao/PGES/lista-de-discentes-de-mestrado?page=1>). Convido você gestor(a) do ramo de mármore e granito para contribuir na construção de conhecimento no setor por meio de pesquisa que estou realizando sob a orientação do prof. Alvim Borges (alvim@pobox.com). Nossa pesquisa diz a respeito da valoração de cacos e casqueiros e os reflexos da gestão adequada desses resíduos para a sustentabilidade da cadeia de beneficiamento do mármore e granito. Esse conhecimento é importante para o setor, pois a valoração de cacos e casqueiros será uma nova fonte de recursos para a industria de beneficiamento, gerando emprego, renda e melhorando as condições ambientais da atividade. A sua seleção como entrevistado ocorreu por conta da sua filiação ao SINDIROCHAS. A sua participação é muito importante para a pesquisa, não havendo respostas certas ou erradas. É garantido a confidencialidade das informações fornecidas. O tempo necessário para responder o questionário é de no máximo 5 minutos. Em caso de dúvida estamos a disposição nos e-mails mencionados acima ou por meio da secretaria do mestrado no tel. (27) 4009.2168.

1. Qual o seu cargo/função na empresa?

- a) Qual o seu cargo/função na empresa? Consultor
- b) Funcionário
- c) Diretor
- d) Sócio / Proprietário
- e) Outro. Qual?

2. Quais atividades de beneficiamento de mármore e granito são realizadas pela sua empresa?

- a) Serragem de blocos
- b) Polimento de chapas
- c) Resinagem de chapas
- d) Corte de chapa e produção de pisos, pias, bancadas, fachadas, etc...

3. Existe a demanda, interna ou externa, para reaproveitar os cacos e/ou casqueiros gerados na sua empresa?

- a) Sim
- b) Não

4. Se sua resposta para a questão 04 for "SIM", responda: Como normalmente os cacos e casqueiros são reaproveitados?

5. É possível obter retorno financeiro com o reaproveitamento de cacos e casqueiros?

- a) Sim
- b) Não. Quais os possíveis motivos?

6. Onde os resíduos de casco e casqueiro são gerados na sua empresa?

- a) Serragem de blocos
- b) Polimento de chapas
- c) Resinagem de chapas
- d) Corte de chapa e produção de pisos, pias, bancadas, fachadas, etc...

7. Como é realizado o armazenamento temporário dos cacos e casqueiros na sua empresa?

8. Todo o caco e casqueiro gerado na sua empresa é reaproveitado?

- a) Sim
- b) Não. Quais os possíveis motivos?

9. Se sua resposta para a questão 09 for "NÃO", responda: onde são destinados os cacos e casqueiros?

- a) Estação Bota Fora para Entulho
- b) Sem Disposição final Específica
- c) Outro. Qual?

10. A sua empresa possui alguma parceria para a disposição final de cacos e casqueiros não reaproveitados?

- a) Pessoas Físicas
- b) Prefeituras
- c) Empresa de Processamento de Cacos e Casqueiros
- d) Outro. Qual?

11. A sua empresa possui algum programa específico de recuperação e valorização de cacos e casqueiros?

- a) Não
- b) Sim. Qual a estimativa de geração empregos?

12. No seu entendimento, a recuperação de cacos e caqueiros proporciona algum benefício a sociedade?

- a) Não
- b) Sim. Quais Benefícios

13. Sua empresa possui um histórico da quantidade gerada de cacos e casqueiros?

- a) Não
- b) Sim. Qual o total gerado, ou estimativa, no último ano?

14. Existe alguma exigência específica para recuperação de cacos e casqueiros?

- a) Não
- b) Sim. Qual a exigência?

15. Se sua resposta para a questão 15 for "SIM", responda: como sua empresa cumpre essa exigência?