

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

MAYARA CRISTINA GHEDINI DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DO MÉTODO *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS* (AHP)
PARA LOCALIZAÇÃO DE USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS
DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

DISSERTAÇÃO

PONTA GROSSA

2012

MAYARA CRISTINA GHEDINI DA SILVA

**UTILIZAÇÃO DO MÉTODO *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS* (AHP)
PARA LOCALIZAÇÃO DE USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS
DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, do Departamento de Pós-graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Área de Concentração: Gestão Industrial.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Colmenero

Co-orientador: Prof. Dr. Rui Tadashi Yoshino

PONTA GROSSA

2012

Ficha catalográfica elaborada pelo Departamento de Biblioteca
da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa
n.25/12

S586 Silva, Mayara Cristina Ghedini da

Utilização do método Analytic Hierarchy Process (AHP) para localização de usina de reciclagem de resíduos da construção civil / Mayara Cristina Ghedini da Silva. -- Ponta Grossa: [s.n.], 2012.
82 f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. João Carlos Colmenero
Co-orientador: Prof. Dr. Rui Tadashi Yoshino

Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

1. Construção civil – resíduos. 2. Desenvolvimento sustentável; 3. CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) – Resoluções. 4. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas); 5. Expert Choice 11.5. 6. Analytic Hierarchy Process (AHP). I. Colmenero, João Carlos II. Yoshino, Rui Tadashi. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa. III. Título.

CDD 670.42



TERMO DE APROVAÇÃO

UTILIZAÇÃO DO MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) PARA
LOCALIZAÇÃO DE USINA DE RECICLAGEM DE RESÍDUOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL
por

MAYARA CRISTINA GHEDINI DA SILVA

Esta dissertação foi apresentada em 7 de maio de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia da Produção. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. João Carlos Colmenero
Prof.(a) Orientador(a)

Prof. Dr. Aldo Braghini Junior
(UTFPR)

Prof. Dr. Kazuo Hatakeyama
(UNISINOS)

Prof. Dr. Rui Tadashi Yoshino
(UTFPR)

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Agradeço...

À Deus, pela existência.

Aos grandes incentivadores e responsáveis pelo meu desenvolvimento acadêmico, meus pais, Nivaldo e Semilda. Amo vocês!

À minha irmã Marielly Rebeca, pelo carinho e incentivo no desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu namorado Wesley Pereira, pelo carinho e, principalmente, apoio incondicional na elaboração deste trabalho.

Aos meus avós Gladir e Aneli, que mesmo distantes, foram grandes incentivadores desta conquista.

Ao meu orientador Professor Doutor João Carlos Colmenero, pela confiança e pela disponibilidade em compartilhar seus conhecimentos.

Ao meu co-orientador Professor Doutor Rui Tadashi Yoshino, pela atenção e contribuições precisas na elaboração deste trabalho.

Ao Professor Doutor Antônio Carlos de Francisco, ou simplesmente Professor Tico, pela amizade, carinho e confiança.

Aos meus amigos Erich Lacerda Malinowski e Rodolfo Reinaldo Petter, que dividiram comigo os primeiros passos rumo a esta conquista.

A CAPES, pelo apoio financeiro.

*Mas é claro que o sol vai voltar amanhã
Mais uma vez, eu sei
Escuridão já vi pior, de endoidecer gente sã
Espera que o sol já vem.*

*Nunca deixe que lhe digam que não vale a pena
Acreditar no sonho que se tem
Ou que seus planos nunca vão dar certo
Ou que você nunca vai ser alguém
Tem gente que machuca os outros
Tem gente que não sabe amar
Mas eu sei que um dia a gente aprende
Se você quiser alguém em quem confiar
Confie em si mesmo
Quem acredita sempre alcança!*

(Mais uma vez – Renato Russo)

RESUMO

SILVA, Mayara Cristina Ghedini da. **Utilização do Método Analytic Hierarchy Process (AHP) para localização de usina de reciclagem de resíduos da construção civil.** 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

Este trabalho teve por objetivo propor uma metodologia para identificação de potenciais locais para a implantação de uma usina de reciclagem de Resíduos da Construção Civil (RCC), na cidade de Ponta Grossa. Para isto, foi desenvolvida uma contextualização sobre: sustentabilidade e desenvolvimento sustentável; Resolução do CONAMA; Norma da ABNT e legislação municipal, que impõem critérios para a implantação de usina para a reciclagem dos mesmos. Buscando responder os objetivos específicos deste trabalho, a metodologia aplicada foi dividida em cinco etapas, sendo elas: levantamentos bibliográficos e documentais, para seleção de critérios e subcritérios; validação dos critérios; definição das alternativas; desenvolvimento da estrutura hierárquica e aplicação do modelo no *software Expert Choice 11.5*. Com este trabalho, foi desenvolvida uma metodologia aplicável em diferentes cidades, que tenham como objetivo a implantação de uma usina de reciclagem. O método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) possibilitou transformar informações qualitativas em quantitativas, facilitando assim os processos decisórios. Deste modo, concluiu-se que com a aplicação do método AHP que o critério Pilar Ambiental apresenta-se como maior fator de tomada de decisão, e o terreno localizado no bairro de Uvaranas, apresenta-se como a alternativa com maior potencial para a implantação da usina de reciclagem de RCC, na cidade de Ponta Grossa.

Palavras-chave: Resíduos da Construção Civil; desenvolvimento sustentável; Resolução do CONAMA; Norma da ABNT; *software Expert Choice 11.5* e *Analytic Hierarchy Process* (AHP).

ABSTRACT

SILVA, Mayara Cristina Ghedini da. **Using the Method Analytic Hierarchy Process (AHP) for locating recycling plant for civil construction waste.** 2012. Dissertation (Master in Production Engineering) - Graduate Program in Production Engineering, Federal Technology University of Paraná. Ponta Grossa, 2012.

This research aimed to propose a methodology for identifying potential sites to locate a waste recycling plant of Civil Construction in Ponta Grossa city. For this, presenting a background on: sustainability and sustainable development; CONAMA Resolution; ABNT rules and municipal laws, which impose criteria for the establishment of the plant for recycling them. Seeking to answer the specific objectives of this study, the methodology applied was divided into five stages, namely: bibliographic and documentary, to select criteria and sub criteria; criteria validation, definition of alternatives; development of the hierarchical structure and application of the model in software Expert Choice 11.5. With this work, it was developed a applicable methodology in different cities, which have as their objective the establishment of a recycling plant. The *Analytic Hierarchy Process* (AHP) method allowed to transform qualitative informations into quantitative, so facilitating decision making processes. Can be concluded that with the application of AHP method which the criterion Environmental Pillar presents itself as a major factor in decision making and the land located in the Uvaranas neighborhood, presents itself as the alternative with the greatest potential to locate a waste recycling plant of Civil Construction in Ponta Grossa city.

Keywords: Waste recycling plant of Civil Construction; sustainable development; CONAMA Resolution; ABNT rules; software Expert Choice 11.5 e Analytic Hierarchy Process (AHP).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 01	Volume total de resíduos por bairro.....	47
Gráfico 02	Volume total por resíduos.....	48
Quadro 01	Definições de RCC.....	23
Quadro 02	Classes de RCC.....	24
Quadro 03	Condições e critérios para implantação de usina de reciclagem RCC.....	26
Quadro 04	Classes e definições de RCC.....	27
Quadro 05	Escala Fundamental de Saaty.....	34
Quadro 06	Índice Randômico.....	36

LISTA DE TABELA

Tabela 01	Escala de comparação dos critérios.....	34
-----------	---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 01	Logística reversa de RCC.....	29
Figura 02	Estrutura hierárquica de tomada de decisão.....	32
Figura 03	Etapas da metodologia da pesquisa.....	39
Figura 04	Critérios – Pilares da sustentabilidade.....	40
Figura 05	Subcritérios – caráter bibliográfico.....	41
Figura 06	Subcritérios – caráter documental.....	42
Figura 07	Estrutura hierárquica – dados da pesquisa.....	44
Figura 08	Razão de consistência.....	49
Figura 09	Sensibilidade dinâmica.....	50
Figura 10	Análise de Performance – Pilar Ambiental.....	51
Figura 11	Análise de Performance – Pilar Econômico.....	52
Figura 12	Análise de Performance – Pilar Social.....	53
Figura 13	Análise de Performance.....	54

LISTA DE SIGLAS

%	Porcentagem
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CTR	Controle de Transporte de Resíduos
m	Metro
m ²	Metro quadrado
m ³	Metro cúbico
R\$	Reais

LISTA DE ABREVIATURAS

AHP *Analytic Hierarchy Process*

RCC Resíduos da Construção Civil

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	14
1.2 OBJETIVO	16
1.2.1 Objetivo Geral.....	16
1.2.2 Objetivos específicos	16
1.3 JUSTIFICATIVA.....	16
1.4 ESTRUTURA DE DISSERTAÇÃO.....	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL.....	19
2.1 PILARES DA SUSTENTABILIDADE	20
2.1.1 Pilar social	21
2.1.2 Pilar Ambiental.....	21
2.1.3 Pilar Econômico	22
2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RCC, SEGUNDO CONAMA N° 307/02	22
2.3 CRITÉRIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE USINA DE RCC, SEGUNDO ABNT NBR 15114/04	25
2.4 LEGISLAÇÃO MUNICIPAL.....	26
2.5 LOGÍSTICA REVERSA DE RCC	28
2.6 MÉTODO <i>ANALYTIC HIERARCHY PROCESS</i> (AHP).....	30
2.7 MÉTODO DELPHI	37
3. METODOLOGIA	38
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....	38
4. RESULTADOS	46
4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....	46
4.2 COMBINAÇÃO DOS DADOS	49
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	55
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	57
REFERÊNCIAS	58
APÊNDICE A – 1° RODADA DE APLICAÇÃO DA TÉCNICA DELPHI	62
APÊNDICE B – 2° RODADA DE APLICAÇÃO DA TÉCNICA DELPHI	66
APÊNDICE C – 3° RODADA DE APLICAÇÃO DA TÉCNICA DELPHI	69
APÊNDICE D – VOLUME DE RESÍDUOS GERADOS EM PONTA GROSSA, DE 2009 A 2011	75
APÊNDICE E – VOLUME DE RESÍDUOS GERADOS EM PONTA GROSSA, DE 2009 A 2011	77
ANEXO A – MAPA CIDADE DE PONTA GROSSA – DIVISÃO POR BAIRROS	79
ANEXO B – CONTROLE DE TRANSPORTE DE RESÍDUOS (CTR)	81

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A indústria da Construção Civil apresenta-se como um setor de destaque no desenvolvimento econômico do país, entretanto, destaca-se também pelos impactos ambientais e volume de resíduos gerados. O setor tem como desafio, aliar a rentabilidade econômica com o desenvolvimento de atividades que gerem menores impactos ambientais.

O aumento do volume de Resíduos da Construção Civil (RCC) vem se apresentando como um motivo de preocupação para os setores ambientais que estão buscando esclarecer aos governantes as consequências que virão a acontecer devido ao volume e ao descarte incorreto dos resíduos (LEVY, 2007).

De acordo com Pinto (1999) os principais impactos ambientais referentes aos resíduos, estão relacionados às disposições irregulares/incorretas dos resíduos. Sendo a reciclagem um fator relevante para minimização dos impactos ambientais, entretanto, o Brasil apresenta-se como um país escasso de técnicas adequadas a um custo reduzido.

O monitoramento frequente do poder público sobre os resíduos gerados por este setor em específico viabiliza a destinação a aterros especiais, porém não apresentam técnicas que possam beneficiar estes resíduos, agregando-os valor econômico e ambiental.

A Resolução n° 307/02 do Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA (BRASIL, 2002) proíbe a disposição destes resíduos em aterros sanitários e determina que é responsabilidade dos geradores de resíduos de construção e demolição a realização de atividades como reciclagem, reutilização ou destinação final adequada aos mesmos.

A implantação de um processo logístico reverso aos resíduos da construção civil, por sua vez, apresenta-se como uma atividade que busca agregar valor econômico e ecológico a produtos pós-venda e pós-consumo. Para atingir este

objetivo utiliza-se atividades como: reciclagem, reutilização, incineração, destinação final adequada, entre outras.

Os resíduos oriundos do setor de Construção Civil, em específico de origem de construção, demolição e reformas, são coletados por empresas de caçambas, por meio de equipamentos específicos e com locais previamente determinados para o descarte dos mesmos. Sendo o foco principal da logística reversa no setor da Construção Civil, a reciclagem e a reutilização dos resíduos, buscando apresentar-se como uma atividade sustentável, para a redução dos impactos ambientais.

Com o beneficiamento dos resíduos, o agregado que é obtido por meio desta atividade é destinado a obras de pavimentação, drenagem, fabricação de pré-moldados e produção de concretos de baixa resistência.

A Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente – da cidade de Ponta Grossa – é responsável pelo controle e fiscalização dos resíduos da construção civil que são descartados na mesma. Estas atividades, por sua vez, são desenvolvidas por meio de observação *in loco* e preenchimento e entrega da ficha de Controle de Transporte de Resíduos (CTR). A entrega das fichas é uma atividade de responsabilidade das empresas de caçambas, e neste documento são apresentados, basicamente, dados referentes a: informações sobre o local de geração dos resíduos; local de descarte dos mesmos; e, tipo e volume de resíduos que foram descartados.

Para o desenvolvimento deste trabalho o procedimento metodológico adotado baseou-se em dados coletados junto a: Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente, e Secretaria Municipal de Obras e Serviços, nas quais foram coletados dados relevantes para o desenvolvimento dos critérios que compõem o modelo de tomada de decisão – apresentado neste trabalho. Foi aplicado também, o método Delphi de aplicação de questionários, com o objetivo de identificar a opinião dos dois funcionários da Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente que são responsáveis pelo controle dos resíduos descartados.

Neste contexto, definiu-se o seguinte problema de pesquisa: Como definir a melhor alternativa de localização para implantação de usina de reciclagem de RCC?

1.2 OBJETIVO

1.2.1 Objetivo Geral

- Propor uma metodologia para identificação de potenciais locais para a implantação de usina de reciclagem de RCC na cidade de Ponta Grossa.

1.2.2 Objetivos específicos

- Estabelecer critérios e subcritérios para seleção do local que apresente potencial para implantação da usina;
- Identificar potenciais terrenos da prefeitura, que possam ser utilizados para implantação da usina de reciclagem de RCC;
- Construir um modelo para definir as melhores alternativas de localização, para instalação de usinas de reciclagem de RCC;
- Mapear possíveis locais para implantação de uma usina de reciclagem.

1.3 JUSTIFICATIVA

A ascensão do setor da construção civil contribui para o aumento do volume de resíduos gerados no país. Segundo a ABRELPE (2010) – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – os municípios brasileiros coletaram, no ano de 2010, aproximadamente 31 milhões de toneladas de resíduos da Construção Civil, o que representa um aumento de 8,7% em relação ao volume gerado em 2009.

A região Sul apresenta-se como a terceira maior geradora de RCC, nos anos estudados. Por sua vez, o volume de resíduos gerados em 2010 – 4.598 milhões de toneladas – representa um aumento de 2,4% em relação a geração de 2009 – 4.489 milhões de toneladas – frente a este crescimento se faz necessário o desenvolvimento de técnicas para o beneficiamento dos mesmos, buscando minimizar a extração de matéria-prima e o descarte de materiais que apresentam condições de uso (ABRELPE, 2010).

A coleta de RCC na cidade é realizada por seis empresas de caçambas, as quais são responsáveis pela coleta e destinação final adequada dos mesmos. O controle dos resíduos descartados é da responsabilidade da Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente, que recebe mensalmente as fichas de movimentações das caçambas coletadas, nas quais são declarados: origem, tipo e volume de resíduos e o local que o mesmo foi descartado. Entretanto, a Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente apresenta uma dificuldade na fiscalização dos RCC descartados na cidade de Ponta Grossa.

Com a dificuldade de controle e a preocupação com o meio ambiente, a Prefeitura demonstra interesse na implantação de uma usina de reciclagem de RCC, para assim proporcionar o acondicionamento ideal dos resíduos e, um posterior, beneficiamento dos mesmos. O objetivo geral da implantação é utilizar o material beneficiado em suas obras, minimizando impactos ambientais com o descarte incorreto dos resíduos.

Este trabalho apresenta critérios que podem apoiar o processo de tomada de decisão na escolha das melhores alternativas de terrenos para a instalação de uma usina de reciclagem de RCC. Nesta pesquisa elaborou-se um instrumento multicritério, aplicando o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) como uma ferramenta útil na fase preliminar de estruturação do processo de avaliação dos impactos ambientais, sociais e econômicos, eficazes no processo de tomada de decisão.

1.4 ESTRUTURA DE DISSERTAÇÃO

O presente trabalho está estruturado em cinco capítulos assim distribuídos: o primeiro capítulo apresenta a introdução, que é subdividida em contextualização, problema, objetivo geral, objetivo específico, justificativa e estrutura do trabalho.

No segundo capítulo é evidenciada a fundamentação teórica, na qual são abordados os seguintes tópicos: desenvolvimento sustentável, pilares da sustentabilidade, classificação dos RCC, critérios para implantação da usina de RCC, legislação municipal, logística reversa de RCC, método AHP e método Delphi.

O terceiro capítulo contempla os aspectos metodológicos da pesquisa, que foram divididos em quatro etapas, sendo cada uma responsável por responder um dos objetivos específicos. As etapas são: identificação de elementos primários, composição de critérios, definição da estrutura hierárquica e relação de preferência.

No quarto capítulo são apresentados os dados coletados na pesquisa, os mesmos são apresentados, analisados e discutidos de acordo com as etapas apresentadas no capítulo anterior.

O quinto capítulo apresenta as considerações finais do trabalho e algumas sugestões para trabalhos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SUSTENTABILIDADE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A definição de sustentabilidade vem sendo aprimorada ao longo dos anos, buscando abranger cada vez mais um número maior de preocupações. As primeiras definições do tema o vinculavam apenas a manutenção de recursos renováveis para a colheita, pesca ou extração de um recurso natural (GAMBORG; SANDOE, 2005).

O Relatório Brundtland, publicado em 1987 e desenvolvido pela *World Commission on Environment*, buscava apresentar a incompatibilidade do ritmo de produção e o desenvolvimento sustentável. O mesmo definia sustentabilidade como o processo que busca satisfazer as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de satisfazer as necessidades das futuras gerações (QUEL, 2010; BITHAS; CHRISTOFAKIS, 2006). Por sua vez, é a definição mais conhecida e utilizada (SCHUBERT; LANG, 2005).

Por sua vez, sustentabilidade é conceituada por Berkes e Folke (1998), como um processo socioeconômico que inclui dimensões ecológicas, sociais e econômicas. Os autores Baumgartner e Quass (2010), complementam a definição anteriormente apresentada, afirmando que sustentabilidade é um processo que indica a forma como os seres humanos devem agir em relação a natureza, e sua responsabilidade com as gerações futuras.

Para Hacking e Guthrie (2003) sustentabilidade relaciona ecossistema e sistemas econômicos, e afirma não existir metas padronizadas para medi-la, de modo que a mesma apenas pode ser vista dentro de um processo em andamento.

Desenvolvimento sustentável é definido por Allen (1980) como o processo que busca alcançar a satisfação das necessidades humanas e a melhoria da qualidade de vida, de modo que o ecossistema seja utilizado em níveis e formas que permitam sua renovação, sendo o seu objetivo é atender as necessidades humanas preservando os sistemas de suporte da vida no planeta.

Holling (2000) busca simplificar e diferenciar a definição de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, sendo para o autor: a capacidade de criar, testar e

manter a capacidade produtiva, e o desenvolvimento sustentável busca criar, testar, adaptar a capacidade e criar oportunidades.

Autores afirmam não haver consenso nas definições de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável, dando origem a inúmeras interpretações, nas quais seus proponentes diferem na ênfase do que é sustentável (BITHAS; CHRISTOFAKIS, 2006; FISCHER *et al.*, 2007; TANGUAY *et al.*, 2010; PARRIS; KATE, 2003).

Para Veiga (2005) os termos sustentabilidade e desenvolvimento sustentável estão alcançando popularidade e sendo absorvidas de uma forma surpreendentemente rápida, de modo que estão se tornando *slogan* para empresas que desenvolvem atividades ambientalmente corretas.

Entretanto, conceitos e definições dos termos, estão sendo contestados pela comunidade científica que alegam existir uma vacuidade nos conceitos, devido ao que pode existir de válido, sério e objetivo nas ilusões que o tema difunde. No qual o termo desenvolvimento sustentável pode tornar-se uma expressão da moda, que todos respeitam, porém há consenso de sua definição e aplicação (GRAY, 2010; VEIGA, 2005).

2.1 PILARES DA SUSTENTABILIDADE

Os pilares da sustentabilidade surgiram devido a preocupação ecológica e o reconhecimento da responsabilidade das organizações com o desenvolvimento sustentável. As empresas, por sua vez, identificaram um nicho de mercado frente as pressões da comunidade, de modo a obter vantagem competitiva frente as concorrentes, ao desenvolverem atividades sustentáveis (MAHONEY; POTTER, 2004).

O desenvolvimento sustentável serve de parâmetro para os pilares da sustentabilidade, envolvendo um repensar da sociedade e de seu desenvolvimento, para atingir o objetivo de integrar aspectos ambientais, econômicos e sociais. Por sua vez, a compreensão do desenvolvimento sustentável requer princípios

específicos, como orientar a atividade humana, para assegurar a abordagem das três dimensões, tanto a curto como a longo prazo (MAHONEY; POTTER, 2004).

Mahoney e Potter (2004) atribuem o desenvolvimento dos pilares da sustentabilidade, a mudança na ênfase dada pelas empresas, as quais priorizavam apenas o fator econômico, sem preocupar-se com os danos ambientais que estavam causando. De modo que, os pilares da sustentabilidade buscam delimitar o modo de pensar e fazer negócios, buscando respeitar a integridade e a interdependência dos fatores econômicos, sociais e ambientais.

O sucesso dos pilares da sustentabilidade está diretamente ligado aos objetivos da organização, na qual a incorporação da gestão de negócios sustentáveis em sua abordagem estratégica pode apresentar um melhor desempenho a longo prazo, favorecendo assim ganhos financeiros (MAHONEY; POTTER, 2004).

2.1.1 Pilar social

Davis (1960) afirmava que a responsabilidade social estava relacionada apenas a ações e decisões tomadas por razões que apresentavam maior relevância que os interesses econômicos e técnicos de uma empresa.

Com o aprimoramento dos estudos e a evolução do tema, o conceito de responsabilidade social deixou de nortear obrigações e ações que as empresas deveriam adotar, e passou a assumir um papel de destaque, na qual as empresas passam a ser mais proativas frente suas ações (CARROL, 1991).

O objetivo deste fator está relacionado ao desenvolvimento de ações que busquem valorizar os trabalhadores, as empresas e a sociedade.

2.1.2 Pilar Ambiental

A responsabilidade ambiental caracteriza-se como um pilar que apresenta medidas complexas, por não apresentarem fontes e fatores que podem ser medidas

independentemente, e sim em acordo com os fatores de um ecossistema (ELKINGTON, 2001).

Autores apontam como responsabilidade ambiental o desenvolvimento de fatores que valorizem o desempenho ambiental, com o objetivo de minimizar a emissão de poluentes, danos a recursos naturais e poluição sonora (FAIRLEY *et al*, 2011; GLAVIC; LUKMAN, 2007).

Elkington (2001) afirma que para o desenvolvimento eco-eficiente, em relação ao pilar ambiental, envolve o desenvolvimento de bens e serviços a preço competitivo, que satisfaçam as necessidades humanas, com menor índice de impactos ambientais. O fator ambiental busca desenvolver uma interação de processos com o meio ambiente, sem causar danos ao mesmo.

2.1.3 Pilar Econômico

Glavic e Lukman (2007) afirmam que a responsabilidade econômica está no interesse das empresas em identificar formas de aliar a redução ou minimização dos custos com questões ambientais, com a melhoria da qualidade ambiental e a geração de lucro frente as questões ambientais.

A eco-eficiência, neste fator, relaciona-se a entrega de bens a preço competitivo, que satisfaçam as necessidades dos clientes e que de maneira progressiva reduzam os impactos ambientais, buscando maneiras de prolongar o ciclo de vida dos mesmos (GLAVIC; LUKMAN, 2007).

Como objetivo principal, o fator econômico busca o desenvolvimento de produtos e empreendimentos que atendam os fatores sociais e ambientais de maneira economicamente viável.

Por meio dos pilares da sustentabilidade as empresas manifestam sua responsabilidade social visando atender as necessidades presentes sem comprometer a capacidade das gerações futuras (ONU, 1991).

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RCC, SEGUNDO CONAMA N° 307/02

A Resolução CONAMA n° 307, de 05 de julho de 2002, publicada no Diário Oficial da União (DOU) em 17 de julho de 2002 (BRASIL, 2002), estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. A Resolução, por sua vez, considera a necessidade de se implantar diretrizes para buscar a redução dos impactos ambientais, de modo que sua disposição em locais inadequados contribua para a degradação do meio ambiente.

Segundo a Resolução, os RCC representam um percentual significativo de resíduos sólidos gerados em áreas urbanas, e consideram a viabilidade técnica e econômica de reutilização de resíduos, com o objetivo de proporcionar benefícios de forma social, econômica e ambiental.

O Quadro 01, apresenta definições a respeito RCC que estão dispostas na Resolução CONAMA n° 307 (BRASIL, 2002):

ITENS	DEFINIÇÕES
Resíduos da construção civil	- resíduos oriundos de construção, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil; - resíduos de preparação e escavação de terrenos.
Geradores	- pessoas, físicas ou jurídicas, públicas ou privadas, responsáveis pela geração de RCC.
Transportadores	- pessoa, física ou jurídica, responsável pela coleta e transporte dos resíduos entre o ponto de origem dos resíduos e a área de destinação.
Agregado reciclado	- material granular, oriundos do beneficiamento de resíduos da construção, que possam ser utilizados em novas obras.
Reutilização	- materiais que podem ser reaproveitados sem passar por processos de transformação.
Reciclagem	- materiais que podem ser reaproveitados após passar por processos de transformação.
Beneficiamento	- processo que busca oferecer, aos resíduos, condição de ser utilizado como matéria-prima ou produto.
Aterro de RCC	- área onde são utilizadas técnicas de disposição de resíduos no solo, com o objetivo de serem beneficiados e utilizados futuramente.
Áreas de destinação de resíduos	- área responsável pelo armazenamento de resíduos que atingiram o final de sua vida útil.

Quadro 01: Definições de RCC

Fonte: Resolução CONAMA n° 307 (BRASIL, 2002)

As classes de resíduos da construção e demolição, seguidos de suas definições, destinações e exemplos de resíduos que formam cada classe apresentada, são ilustradas no Quadro 02:

CLASSE DOS RESÍDUOS	DEFINIÇÃO	DESTINAÇÃO	EXEMPLO DE RESÍDUOS
Classe A	Resíduos recicláveis ou reutilizáveis que podem ser beneficiados e transformados em agregados.	Resíduos recicláveis ou reutilizáveis na forma de agregados, ou encaminhados a aterros específicos da CC, onde devem ser dispostos de modo que possam ser reciclados futuramente.	<ul style="list-style-type: none"> - resíduos de pavimentação e infraestrutura; - resíduos de edificação: componentes cerâmicos, argamassa e concreto; - solos oriundos de terraplanagem; - resíduos do processo de fabricação ou demolição, realizadas em canteiros de obras, de pré-moldados em concreto.
Classe B	Resíduos que podem ser beneficiados e reciclados para outras destinações.	Resíduos reutilizáveis, recicláveis ou encaminhados a uma área de armazenagem temporário, para posterior reciclagem.	<ul style="list-style-type: none"> - plástico; - papel/papelão; - metais; - vidros; - madeiras.
Classe C	Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam sua reciclagem.	Resíduos que devem ser armazenados, transportados e oferecidas destinações finais adequadas, de modo a minimizar possíveis danos ambientais, ou colocar em risco a saúde da população.	<ul style="list-style-type: none"> - produtos oriundos do gesso.
Classe D	Resíduos perigosos oriundos do processo de construção, demolição, reforma e reparos em indústrias e clínicas radiológicas.	Resíduos que devem ser armazenados, transportados e oferecidas destinações finais adequadas, de modo a minimizar possíveis danos ambientais, ou colocar em risco a saúde da população.	<ul style="list-style-type: none"> - tintas; - solventes; - óleos; - materiais que contenham amianto; - resíduos contaminados e que causem riscos a saúde.

Quadro 02: Classes de RCC
Fonte: Resolução CONAMA n° 307 (BRASIL, 2002)

O Art. 4º estabelece que os geradores de resíduos deverão ter como objetivo a não geração de resíduos, entretanto se não for possível minimizar a geração, os mesmos são responsáveis pela redução, reutilização, reciclagem ou destinação final adequada dos resíduos. Determina também, que os RCC não podem ser dispostos em aterros de resíduos domiciliares, em encostas, corpos d'água, lotes vagos e áreas de proteção ambiental.

2.3 CRITÉRIOS PARA IMPLANTAÇÃO DE USINA DE RCC, SEGUNDO ABNT NBR 15114/04

A Norma ABNT NBR 15.114, de 30 de julho de 2004, estabelece diretrizes para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem de resíduos da construção civil, buscando fixar os requisitos mínimos exigíveis para operação de áreas de reciclagem de resíduos sólidos da construção civil classe A (ABNT, 2004).

Na Norma aplica-se a reciclagem de materiais triados para produção de agregados que possuam características para a aplicação em obras de infraestrutura e edificação, sem comprometer o meio ambiente, as condições de trabalho dos operadores das usinas e a qualidade de vida da população.

A Norma ABNT NBR 15.114 apresenta condições e critérios para a implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição, como pode ser observado no Quadro 03, a seguir:

Condições de implantação	Critérios
Isolamento e sinalização	<ul style="list-style-type: none"> - sinalização do perímetro da área em operação, construído com o objetivo de impedir o acesso de pessoas não cadastradas e animais; - estabelecimento de uma forma de controle de acesso ao local; - sinalizações que identifiquem o empreendimento; - preocupação com aspectos relativos à vizinhança, ventos e estética.
Acessos	- devem ser protegidos e mantidos em condições de utilização para diferentes variações climáticas.
Iluminação e energia	- a área deve dispor de iluminação que permita ações de emergência a qualquer tempo.
Proteção das águas superficiais	<ul style="list-style-type: none"> - respeitar as faixas de proteção dos corpos d'água superficiais; - previsão de um sistema de drenagem das águas de escoamento superficial na área de reciclagem.
Preparo da área de operação	<ul style="list-style-type: none"> - área de operação deve ter sua superfície regularizada; - determinar local específico para armazenamento temporário de resíduos não recicláveis; - área coberta para armazenamento temporário de resíduos da Classe D.

Quadro 03: Condições e critérios para implantação de usina de reciclagem RCC
Fonte: Norma ABNT NBR 15.114

De maneira simplificada, o local ideal para implantação da usina deve buscar minimizar os impactos ambientais que sua instalação pode gerar; maximizar sua aceitação por parte da população da região; estar de acordo com as legislações ambientais e de utilização do solo; e principalmente, observar hidrografia, vegetação e vias de acesso ao local (ABNT NBR 15.114).

2.4 LEGISLAÇÃO MUNICIPAL

O Decreto n° 1.111, de 17 de agosto de 2006 aprova um plano integrador de gerenciamento de RCC do município de Ponta Grossa. Tendo como objetivo é estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da

construção civil na cidade de Ponta Grossa, buscando desenvolver uma padronização das ações que visam minimizar os impactos ambientais (PONTA GROSSA, 2007).

O Quadro 04 apresenta as classes de resíduos e suas definições de acordo com o Decreto Municipal n° 1.111:

CLASSE DOS RESÍDUOS	DESTINAÇÃO
Classe A	<ul style="list-style-type: none"> - os resíduos devem ser encaminhados a áreas de transbordo e triagem, aterros de resíduos da construção civil ou centrais de produção de agregados; - para o transporte dos resíduos, o transportador deve preencher um formulário de Controle de Transporte e Resíduos (CTR), que oferece informações sobre o gerador, origem, quantidade e descrição dos resíduos e seu destino, de acordo com a ABNT NBR 15.113; - geradores de volumes abaixo de 1m², devem encaminhar os resíduos previamente segregados, para pontos de entrega voluntária.
Classe B	<ul style="list-style-type: none"> - os resíduos deveram ser segregados e enviados a reciclagem, por meio de parcerias com terceiros ou venda; - os que não podem ser reciclados, devem ser acondicionados e alocados em local seguro a espera da coleta seletiva regular do município.
Classe C	<ul style="list-style-type: none"> - os resíduos de gesso, deverão ser encaminhados a revendedores para posterior reciclagem ou destinação final adequada; - outros resíduos deverão ser acondicionados em recipientes específicos, e deixados na frente da obra a espera da coleta regular do município.
Classe D	<ul style="list-style-type: none"> - embalagens contendo resíduos perigosos, e os próprios resíduos perigosos, deverão ser entregues pelos usuários aos estabelecimentos que as comercializaram ou à assistências técnicas autorizadas pelas indústrias, que ficam responsáveis pelo repasse do material aos fabricantes ou importadores.

Quadro 04: Classes e definições de RCC
Fonte: Decreto Municipal n° 1.111/06 (PONTA GROSSA, 2007).

Segundo o Decreto 1.111/06 a vantagem do desenvolvimento de um programa de gerenciamento de resíduos sólidos para a construção civil é estimular a realização dos princípios de 4Rs (repensar, reduzir, reciclar e reaproveitar), focando

a produção de novos produtos oriundos de resíduos da construção, implicando na segregação dos resíduos junto a fonte geradora (PONTA GROSSA, 2007).

Consta na legislação a responsabilidade do transportador de fornecer o CTR ao operarem caçambas, identificando a destinação que foi oferecida aos resíduos coletados. Estes dados deverão ser entregues, em forma de relatório mensal, ao órgão ambiental do município.

2.5 LOGÍSTICA REVERSA DE RCC

Na atualidade, a implantação do processo logístico reverso pode evitar ou amenizar os impactos ambientais. Barbieri e Dias (2002) explicam que a logística reversa é um instrumento que incentiva o consumo sustentável. Estas preocupações estão sendo influenciadas devido as legislações ambientais cada vez mais rígidas, as quais os fabricantes são responsáveis por seus produtos durante toda a vida útil do mesmo, e também pelos resíduos gerados no processo produtivo (DAHER; SILVA; FONSECA, 2006).

A carência de informações faz com que haja dificuldade na visualização dos custos do processo logístico reverso, porém, economias podem ser obtidas, como na utilização de embalagens retornáveis e no reaproveitamento de materiais para a produção (RODRIGUES *et al*, 2002). Para que isso ocorra, se faz necessário entender que a vida útil de um produto é contabilizada a partir do momento de sua produção até ser adquirido por um consumidor. A vida útil pode ser prolongada desde que exista a possibilidade de aumentar sua utilização por meio de uma nova inserção na cadeia de consumo (LEITE, 2003). A Figura 01, apresenta o fluxo logístico reverso dos RCC:

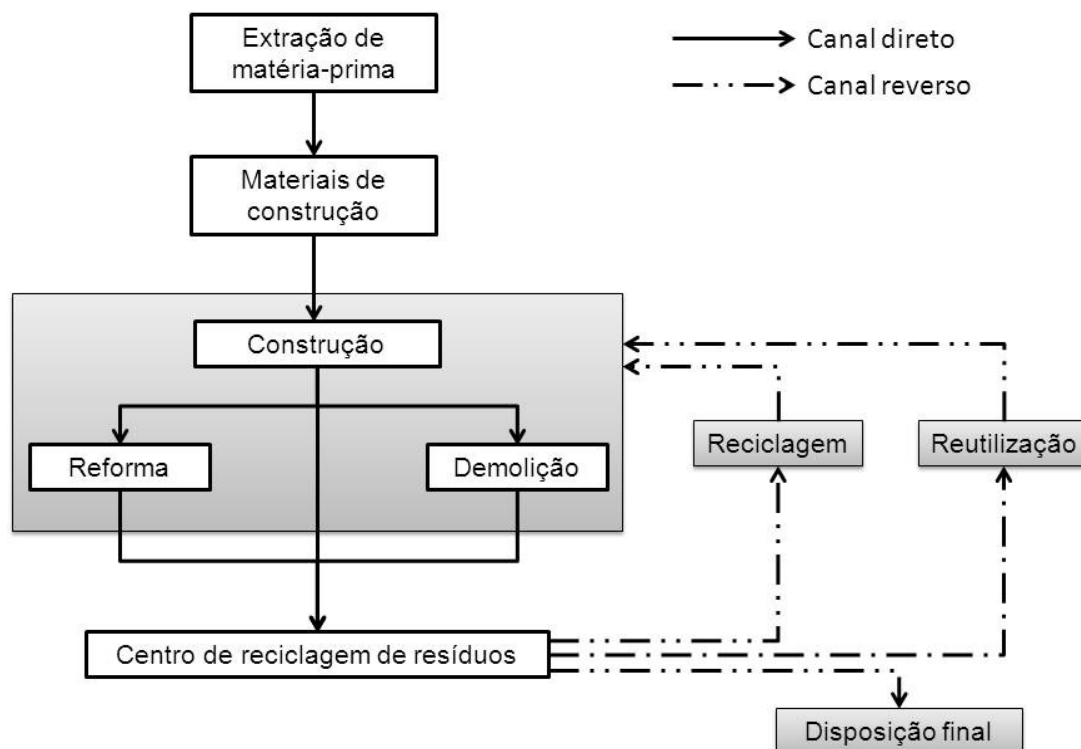


Figura 01: Logística reversa de RCC
 Fonte: Adaptado de Schneider (2003).

Schneider (2003) representa, na Figura 01, os canais diretos e reversos de distribuição do setor da construção civil. O autor afirma ainda não existir um ciclo fechado para o segmento, por apresentar um número limitado de resíduos que possam ser beneficiados, de modo que os mesmos são encaminhados para uma destinação final adequada.

Nunes (2004) apresenta seus estudos um panorama sobre a logística reversa na indústria da construção civil, e destaca:

- Os canais reversos de distribuição são compostos, em sua maioria, por materiais provenientes de argamassa, concreto, tijolo e telha cerâmica;
- Os canais reversos estão sendo pouco explorados pelos empreendedores;
- Um grande volume de resíduos está sendo coletado e descartado incorretamente por empresas de limpeza urbana;

- As usinas de RCC devem ser situadas próximo aos locais com maior volume de geração de resíduos e com o maior potencial de crescimento

Entretanto, ressalta-se que a viabilidade do aprimoramento do fluxo reverso de RCC depende de uma parceria entre empresas privadas e o poder público (NUNES, 2004).

2.6 MÉTODO *ANALYTIC HIERARCHY PROCESS* (AHP)

O Método AHP de Auxílio Multicritério à Tomada de Decisão, segundo Saaty (1980), é uma técnica de análise de decisão e planejamento de múltiplos critérios, na qual sua aplicação reduz o estudo de sistemas complexos, a uma sequência de comparações aos pares de componentes adequadamente identificados. Segundo Wang, Chu e Wu (2007), o método permite a medição da coerência dos julgamentos dos decisores.

Os autores Huang, Chu; Chiang (2008), Kang; Lee (2007), Hsu Tzeng; Shyu (2003), Chin, Pun, Xu; Chan (2002) desenvolveram pesquisas utilizando o AHP, e o apresentam como um método apropriado para a resolução de problemas que apresentem múltiplos critérios para a tomada de decisão em diferentes setores.

Chin, Pun, Xu; Chan (2002) apontam critérios e subcritérios para a implantação do programa de qualidade total em empresas estatais na China. Para o desenvolvimento da pesquisa, foi utilizado o método AHP para priorizar a importância de critérios e subcritérios. Huang, Chu e Chiang (2008) utilizaram o método AHP para avaliar os julgamentos subjetivos feitos pelo comitê técnico do programa de desenvolvimento industrial de Taiwan. O método se caracteriza pela capacidade de analisar um problema e propor uma tomada de decisão, por meio da construção de níveis hierárquicos, sendo o problema decomposto em atributos, que são decompostos em um novo nível de atributos.

Saaty (1980) divide o método AHP em seis etapas, sendo elas: (I) Definir o objetivo; (II) Definir as alternativas; (III) Definir os critérios relevantes para o problema de decisão; (IV) Avaliar as alternativas em relação aos critérios; (V) Avaliar

a importância relativa de cada critério; e (VI) Determinar a avaliação global de cada alternativa.

Babic (1998) afirma que o método está baseado em três pensamentos analíticos, sendo: (I) construção de hierarquias: o problema é decomposto em níveis hierárquicos, buscando uma melhor compreensão e avaliação do problema; (II) estabelecer prioridades: no AHP, o ajuste das prioridades fundamenta-se na habilidade do ser humano de perceber a relação entre os objetivos e as situações observadas, por meio de julgamentos paritários; (III) consistência lógica: no método, é possível avaliar o modelo de priorização construído, quanto a sua consistência.

Com o objetivo de gerar maior domínio sobre o tema pesquisado, a aplicação do método AHP, os autores Clemen (1995) e Hammond, Keeney e Raiffa (2004) apresentam um roteiro para sua aplicação, conforme descrito a seguir:

- Definição do problema de decisão: no qual se faz necessário conhecer os valores do tomador de decisão, identificando assim qual o objetivo que pode ser atingido por meio da solução do problema;
- Decomposição do problema: pesquisar, dividir e estruturar o problema de modo a formar uma estrutura hierárquica, na qual pode-se verificar o objetivo e os critérios para atingi-los, como representado na Figura 02:

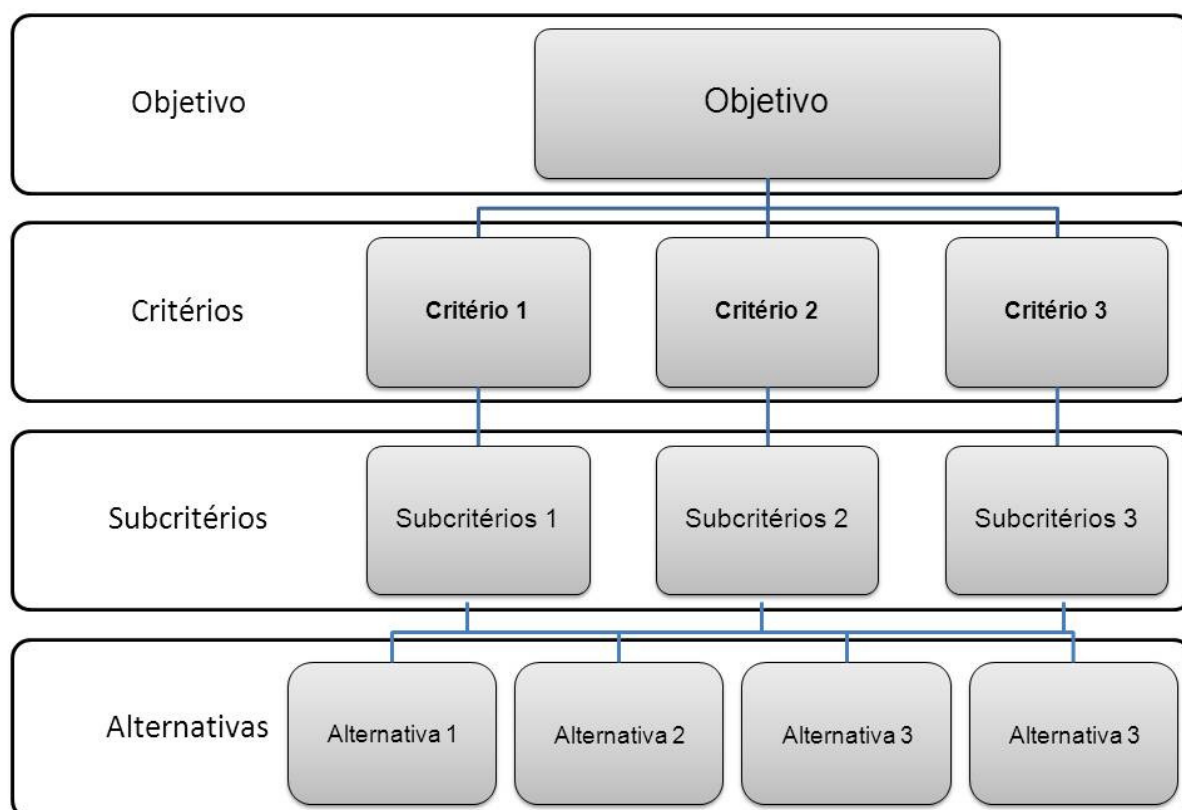


Figura 02: Estrutura hierárquica de tomada de decisão.
Fonte: Adaptado de laínes e Cunha (2006).

- Estabelecer prioridades: as prioridades dos critérios são definidas por comparação paritária, em relação ao seu nível hierárquico superior. Este processo é desenvolvido por meio de uma entrevista com os decisores, buscando assim priorizar os critérios com maior peso para atingir o objetivo proposto;
- Síntese: obtida por meio de um processo de combinação e avaliação de prioridades frente os critérios do problema, na qual os julgamentos do tomador de decisão, são distribuídos pela hierarquia, e com isso, ao serem julgadas as alternativas, recebem a síntese das preferências do tomador de decisão;
- Análise de sensibilidade: realizada para avaliar a consistência do resultado das alternativas, respeitando cada critério que as compõe. Esta etapa é responsável por apresentar possíveis fragilidades que podem ser geradas ao mudar a prioridade de um critério. Consiste em fazer pequenas mudanças nos pesos das avaliações dos critérios e constatar qual seu impacto no resultado, de modo que, ao encontrar um impacto capaz de modificar o resultado, o critério que apresentou

sensibilidade, deve ser submetido a uma nova análise do decisor, para confirmar sua avaliação.

- Interação: nesta etapa, todas as anteriores são repetidas, permitindo assim que a decisão seja revisada com um entendimento melhor do problema, por meio do modelo desenvolvido.

O método leva em consideração conhecimentos e experiências dos decisores, cujo por meio da quantificação dos valores ponderados pelos mesmos, obtém-se os pesos para os fatores considerados. Após a sintetização dos julgamentos determina-se as prioridades das variáveis, tornando assim a análise qualitativa do problema, mais consistente (OLIVEIRA, 2007).

Os autores Belderrain e Silva (2005) complementam salientando que cada decisor deve fazer uma comparação paritária, de cada elemento em seu nível hierárquico, formando uma matriz quadrada de decisão. Na sequência, o decisor representará sua preferência entre os elementos compostos, a partir de uma escala definida. Posteriormente, será gerada uma matriz quadrática recíproca, denominada Matriz Dominante.

Para a utilização do método AHP se faz necessária à definição das importâncias relativas entre critério, subcritérios e alternativas, para isso deve-se definir uma escala de importância a ser aplicada.

Saaty (1991) apresenta uma escala de importância baseada na escala Likert, que é representada por uma tabela de julgamentos que emprega valores de 1 a 9. Para o autor, esta escala busca capturar a intensidade de uma relação que se apresenta de maneira qualitativa. O Quadro 05 apresenta a escala considerada pelo autor:

1	Igual Importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma para a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições.

Quadro 05: Escala Fundamental de Saaty.
Fonte: Adaptado de Saaty (1980).

O Quadro 05, referente à Escala Fundamental de Saaty é exemplificado por Costa (2003), que apresenta os valores recíprocos na escala de comparação dos critérios:

Tabela 01: Escala de comparação dos critérios

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremamente	Bastante	Muito	Pouco	Igual	Pouco	Muito	Bastante	Extremamente
MENOS IMPORTANTE MAIS IMPORTANTE				

Fonte: adaptado de Costa (2003)

Esta tabela representa a comparação paritária, na qual o decisor demonstrar sua preferência pelo critério **A**, como o critério de maior relevância frente ao **B**, por exemplo, informando assim peso 5 para o critério **A**, na matriz de cálculo de vetores, o peso correspondente ao critério **B** é recíproco a 1/5, demonstrando assim sua menor importância frente ao critério **A**.

Após a atribuição de pesos nas matrizes de prioridades, deve-se calcular os pesos relativos, que é denominado por Saaty (1991) como o processo de normalização da matriz, onde calcula-se o autovetor que torna-se o vetor de prioridade, que pode ser obtido de três modos:

- Mais grosseiro: somam-se os elementos de cada linha e normaliza-se o resultado dividindo cada soma pelo total de todas as somas;
- Melhor: soma-se os elementos em cada coluna e formam-se os recíprocos destas somas;
- Bom: dividem-se os elementos de cada coluna pela soma daquela coluna e somam-se os elementos em cada linha resultante, posteriormente divide esta soma pelo número de elementos da linha.

Na sequencia, faz-se necessário identificar a consistência das matrizes, que é exemplificado por Hair *et al.* (2005) como o grau de confiabilidade que um conjunto de variáveis pretende medir. Saaty (1991) afirma que **A** é consistente se, e somente se $\lambda_{\text{máx}} \geq n$.

Os valores de a_{ij} não necessariamente precisam ser valores baseados em medidas exatas, mas em julgamentos subjetivos. A situação faz com que seus valores tenham um desvio em relação à razão ideal, sendo necessário medir a consistência para verificar se sua proposição é no mínimo aceitável.

A consistência deve ser verificada por meio de dois axiomas, sendo o primeiro axioma:

$$\text{Existem } \lambda_i, i = 1, 2, \dots, n, \text{ tal que satisfaça a equação: } A\mathbf{x} = \lambda\mathbf{x}.$$

Onde \mathbf{x} é um vetor de pesos.

Se a matriz **A** é consistente, logo os autovalores serão iguais à zero, com exceção do **n**, o maior valor de λ_i .

O segundo axioma considera que:

Se a diagonal da matriz **A** for de números com $a_{ij} = 1$, e se **A** for consistente, pequenas variações de a_{ij} manterão o maior autovalor próximo de **n** e os autovalores restantes próximos a zero.

Sendo assim, se faz necessário encontrar o autovetor **w** de pesos que satisfaça a equação:

$$Aw = \lambda_{m\acute{a}x}w$$

O autovetor w fornecem a ordem por nível de importância dos critérios da matriz a , que estará estimando pesos reais aos critérios que estão sendo comparados. Para as comparações de caráter subjetivo, precisa-se avaliar a proximidade entre $\lambda_{m\acute{a}x}$ e n , para isso precisa-se calcular a Razão de Consistência (RC), representada pela formula:

$$RC = \frac{IC}{IR}$$

onde:

IC: índice de consistência, representado por:

$$IC = \frac{\lambda_{m\acute{a}x} - n}{n - 1}$$

IR: índice randômico, representado por:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Quadro 06: Índice Randômico.

Fonte: Saaty (1991).

Para Saaty (1991), considera-se aceitável o valor de inconsistência de $RC \leq 0,10$. Caso $RC > 0,10$, a qualidade dos julgamentos está comprometida, e deve ser melhorada.

2.7 MÉTODO DELPHI

O método Delphi tem como objetivo solucionar problemas referentes a pesquisas realizadas por meio de julgamentos de especialistas, a respeito do tema pesquisado. Sua origem está relacionada ao setor militar, que na década de 40, os mesmos buscavam obter uma convergência nas opiniões de diferentes especialistas. O método passou a ser divulgado e aplicado no começo dos anos 60, buscando aprimorar o uso da opinião de especialistas em previsão tecnológica (WRIGHT; GIOVINAZZO, 2000; DALKEY; HELMER, 1963).

Delphi é um método que busca estruturar um processo de comunicação em um grupo de especialistas a respeito de determinado assunto, ajudando assim nos processos de decisão (SACKMAN, 1975; LINSTONE; TUROFF, 1975). Vichas (1982) explica que o método deve ser desenvolvido em quatro etapas, sendo elas:

- 1 Anonimato: cada especialista deve responder anonimamente o questionário, e este *status* deve ser mantido;
- 2 Questionário: escolha das variáveis que envolvem o problema a ser pesquisado;
- 3 *Feedback*: o método é realizado por meio de uma série de rodadas, onde em cada uma é feita uma revisão das opiniões;
- 4 Estatística: em cada etapa são obtidas respostas numéricas, que devem passar por tratamento estatístico.

A aplicação do método requer a seleção de um grupo de especialistas, que emitem suas opiniões com base em seus conhecimentos e experiências. Os dados devem ser tratados, posteriormente, deve-se transmitir um feedback dos resultados aos especialistas.

3. METODOLOGIA

O propósito deste capítulo é apresentar os métodos científicos que descrevem o caminho a ser percorrido, buscando atingir os objetivos propostos na pesquisa. O desenvolvimento da metodologia deste trabalho baseou-se na norma ABNT NBR 15.114/04 e em dados e informações coletados junto a Prefeitura Municipal de Ponta Grossa. O estudo apresenta uma metodologia para facilitar a identificação de potenciais locais para a implantação e funcionamento de usina de reciclagem de RCC.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

A presente pesquisa classifica-se como aplicada, segundo natureza, de modo a garantir conhecimentos para aplicação prática, focando na solução de problemas específicos (SILVA; MENEZES, 2001). A forma da abordagem do problema é quantitativa, buscando traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las (GIL, 1996).

Do ponto de vista de seus objetivos, caracteriza-se como um método exploratório que busca proporcionar maior familiaridade com o problema, de modo a promover maior conhecimento sobre o tema pesquisado, por meio de pesquisas bibliográficas e estudo de caso (GIL, 1996). O trabalho apresenta-se como uma pesquisa experimental, segundo seus procedimentos técnicos, por meio da aplicação de um modelo de análise multicritério, que traduz em pesos os dados e informações coletadas, ponderando assim a definição do local ideal para implantação da usina.

A metodologia foi dividida em cinco etapas, conforme ilustrado na Figura 03.

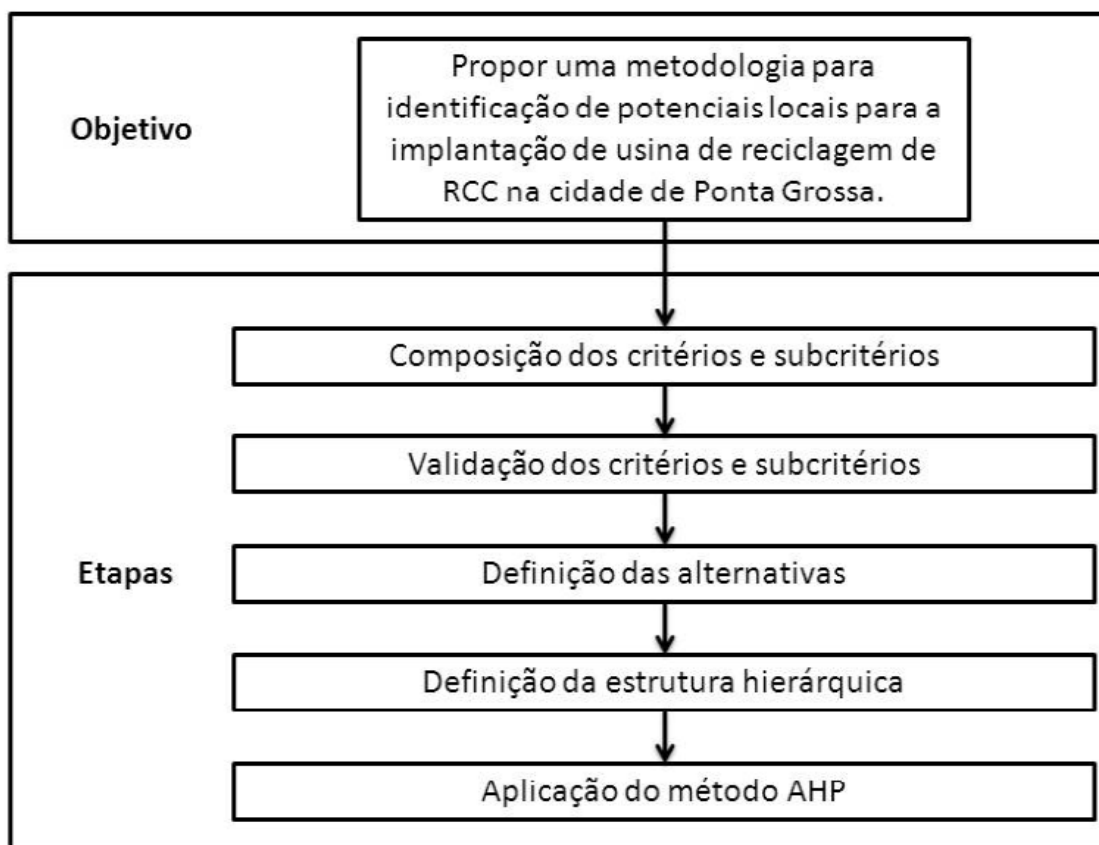


Figura 03: Etapas da metodologia da pesquisa.
FONTE: A autora.

Primeira etapa: Composição dos critérios e subcritérios

Esta etapa tem como finalidade estabelecer critérios para a seleção do local com potencial para implantação da usina de reciclagem de RCC. Buscando atingir o objetivo geral deste trabalho foram estabelecidos critérios que tivessem como foco o desenvolvimento sustentável, ou seja, a escolha do local que respeitasse os pilares da sustentabilidade para implantação da usina, sendo eles:

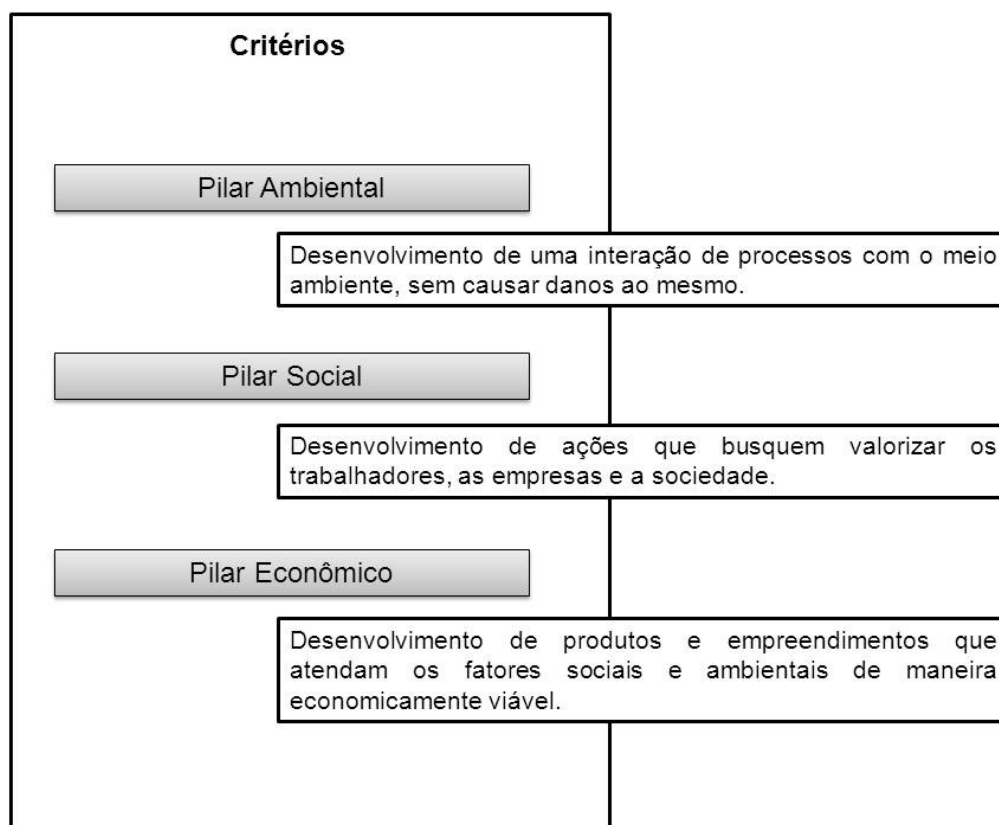


Figura 04: Critérios – Pilares da sustentabilidade
Fonte: Mahoney e Potter (2004).

Para cada critério, foram elencados subcritérios que buscam especificar os itens a serem levados em consideração no momento de estabelecer a relevância de cada critério. Por sua vez, os subcritérios foram obtidos por meio de levantamento bibliográfico e documental, sendo os de caráter bibliográfico:

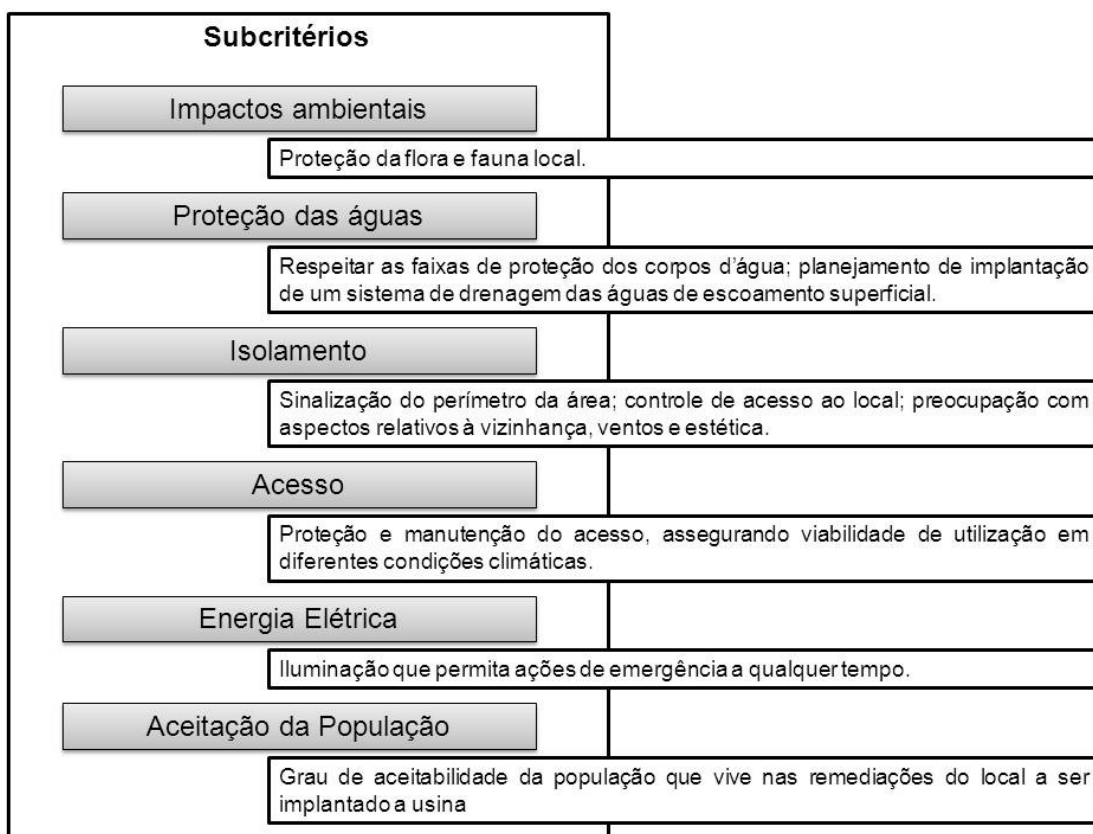


Figura 05: Subcritérios – caráter bibliográfico
Fonte: ABNT (2004).

Os subcritérios selecionados por meio de levantamento documental foram coletados junto a Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente e dados divulgados pelo IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, são:

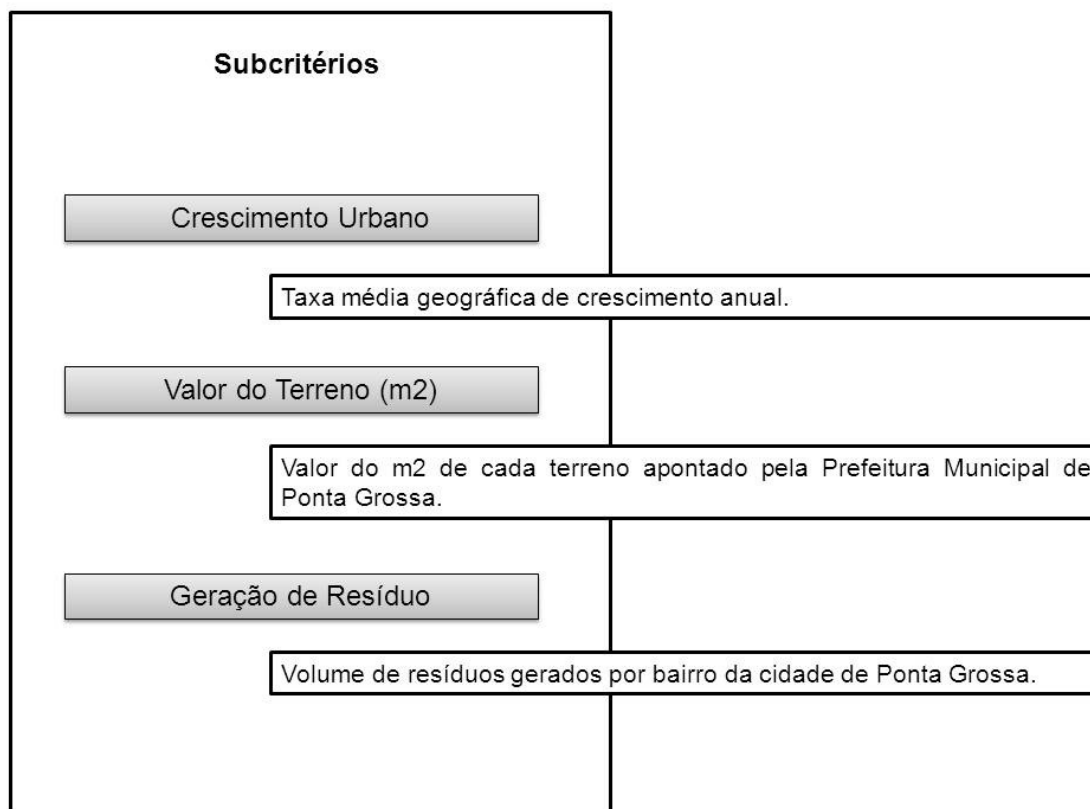


Figura 06: Subcritérios – caráter documental
 Fonte: a autora.

Segunda etapa: Validação dos critérios e subcritérios

Após a seleção dos critérios e subcritérios, os mesmos foram apresentados por meio de questionário fechado – Apêndice 1 – para avaliação e validação dos tomadores de decisão. Neste trabalho, foram selecionados dois funcionários da Secretaria Municipal de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente, sendo estes os responsáveis por todo processo decisório do setor.

Terceira etapa: Definição das alternativas

Nesta etapa, buscou-se identificar potenciais terrenos da prefeitura, que possam ser utilizados para implantação da usina de reciclagem de resíduos de construção civil. Foram selecionados, junto a Secretaria Municipal de Obras e Serviços, quatro terrenos que apresentam os seguintes requisitos:

Alternativa 1

Área do terreno 1 localizado no bairro Boa Vista, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, medindo 60m de frente para a Rua Fábio Fanucchi; do lado direito 120m para a Rua Padre Rafael Romão; do lado esquerdo 120m para a Rua João Jordão Chaves; e 60m de fundo para a Rua Margarida. Com área total de 7200m² e valor estimado de R\$ 140,00/m².

Alternativa 2

Área do terreno 2 situado no bairro Chapada, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, medindo 53m de frente para a Rua João Donatilio Correia Ferreira; do lado direito 106,08m para a Rua Sebastião; do lado esquerdo 106,08m para a Rua sem denominação; e 53m de fundo para a Rua sem denominação. Com área total de 5622,24m² e valor estimado de R\$ 110,00/m².

Alternativa 3

Área do terreno 3 localizado no bairro Uvaranas, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, medindo 22,33m de frente para a Rua I; do lado direito 88m para a Rua sem denominação; do lado esquerdo 100m para a Rua sem denominação; e 43,33m de fundo para a Rua sem denominação. Com área total de 3085,08m² e valor estimado de R\$ 145,00/m².

Alternativa 4

Área do terreno 4 localizado no bairro Contorno, de propriedade da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa, medindo 4384m de frente para a Rua Prefeito Albary Guimarães; do lado direito 88m para a Rua José Alberto Caos; do lado esquerdo

88m para a Rua sem denominação; e 43,84m de fundo para a Rua sem denominação. Com área total de 3857,92m² e valor estimado de R\$ 160,00/m².

Quarta etapa: Definição da estrutura hierárquica

Nesta etapa busca-se construir um modelo para definir as melhores alternativas de terrenos, para instalação de usinas de reciclagem de resíduos de construção civil, para atingi-lo foi elaborada uma estrutura hierárquica, composta: objetivo, critérios, subcritérios e alternativas.

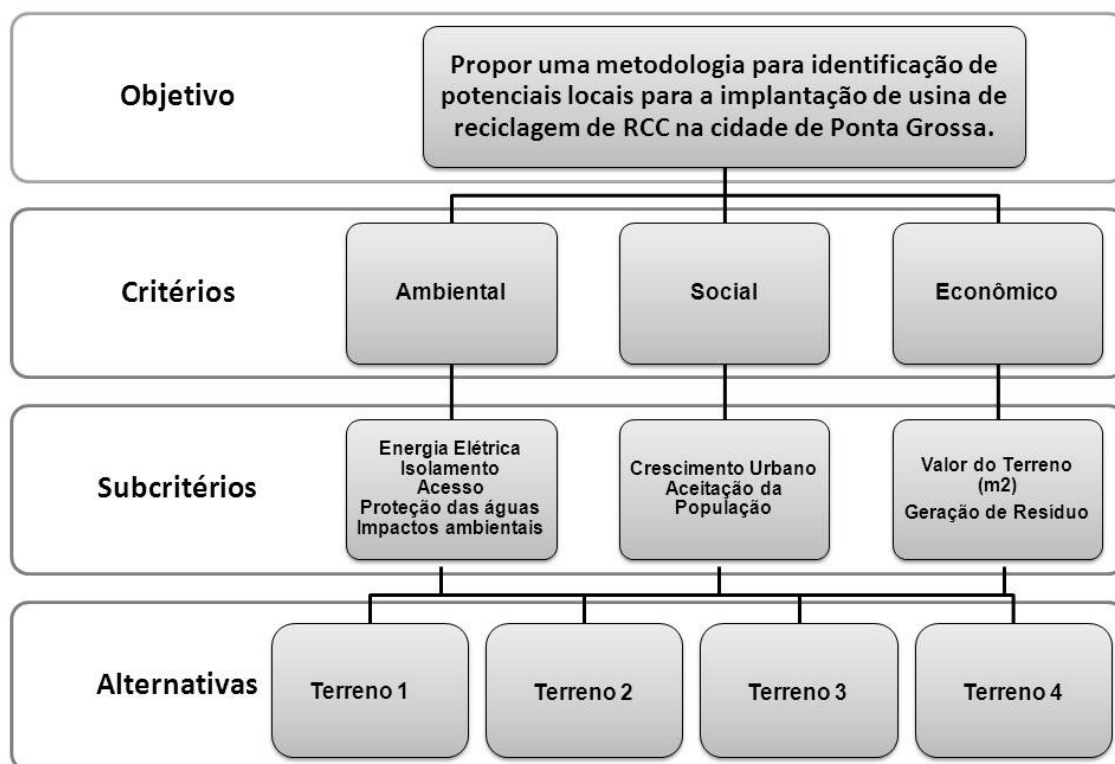


Figura 07: Estrutura hierárquica: dados da pesquisa
Fonte: a autora.

Após o desenvolvimento da estrutura hierárquica foi aplicada, aos tomadores de decisão, a segunda rodada de questionário – Apêndice 2 – que buscou identificar qual a relevância de cada critério ou subcritério frente ao seu equivalente. Na sequência, foi aplicada a terceira rodada de questionário, com o objetivo de identificar quais terrenos apresentam maior relevância frente seu subcritério.

Quinta etapa: Aplicação do método AHP

Esta etapa tem como objetivo mapear possíveis locais para implantação de uma usina de reciclagem de RCC. Para atingir o objetivo proposto, os dados coletados junto aos decisores foram aplicados, separadamente, no *software Expert Choice* 11.5. Na sequência, realizou-se a combinação das respostas dos decisores, apresentando assim as melhores alternativas entre critérios, subcritérios e alternativas elencadas neste trabalho.

4. RESULTADOS

Nesta etapa são apresentados os resultados obtidos por meio da aplicação da metodologia descrita no capítulo anterior. Com o objetivo de definir a melhor alternativa entre os terrenos apresentados nesta pesquisa, o modelo de tomada de decisão multicritério foi aplicado – por meio de questionário – a dois funcionários do Departamento de Agricultura, Pecuária e Meio Ambiente, da Prefeitura Municipal de Ponta Grossa.

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Segundo os dados divulgados pelo IBGE, no Censo 2010, o estado do Paraná apresenta uma taxa média geográfica de crescimento anual de 0,88%, esta taxa é calculada para o período de 2000 – 2010 e considera a população de 2010. Por sua vez, a taxa de crescimento anual estimada para o estado apresenta-se maior que a estimada para a região Sul do país, que é de 0,87%.

A população da cidade de Ponta Grossa é composta por 311.697 habitantes, sendo 49% homens e 51% mulheres. Do total da população 304.841 habitantes vivem na área urbana, o que representa 97,8% do total. A cidade é dividida em 16 bairros, os quais são subdivididos em vilas – Anexo 1.

A quantidade de resíduos gerados na cidade de Ponta Grossa foram coletados por meio de levantamento e tabulação dos dados disponíveis nas fichas de Controle de Transporte de Resíduos - Anexo 2 - de acordo com a ABNT NBR 15.114:2004.

Foram tabulados um total de 3396 fichas de movimentação de caçambas, no período de março de 2009 a janeiro de 2011, onde foram coletados dados referentes a: período; bairro de origem; descrição do material predominante – que são: capim; concreto; galhos de podas; madeira; terra e volumosos (plástico, papel e papelão). O Gráfico 1, apresenta a porcentagem do volume total de resíduos gerados nos bairros da cidade de Ponta Grossa – Apêndice 4 – nos anos de 2009, 2010 e 2011.

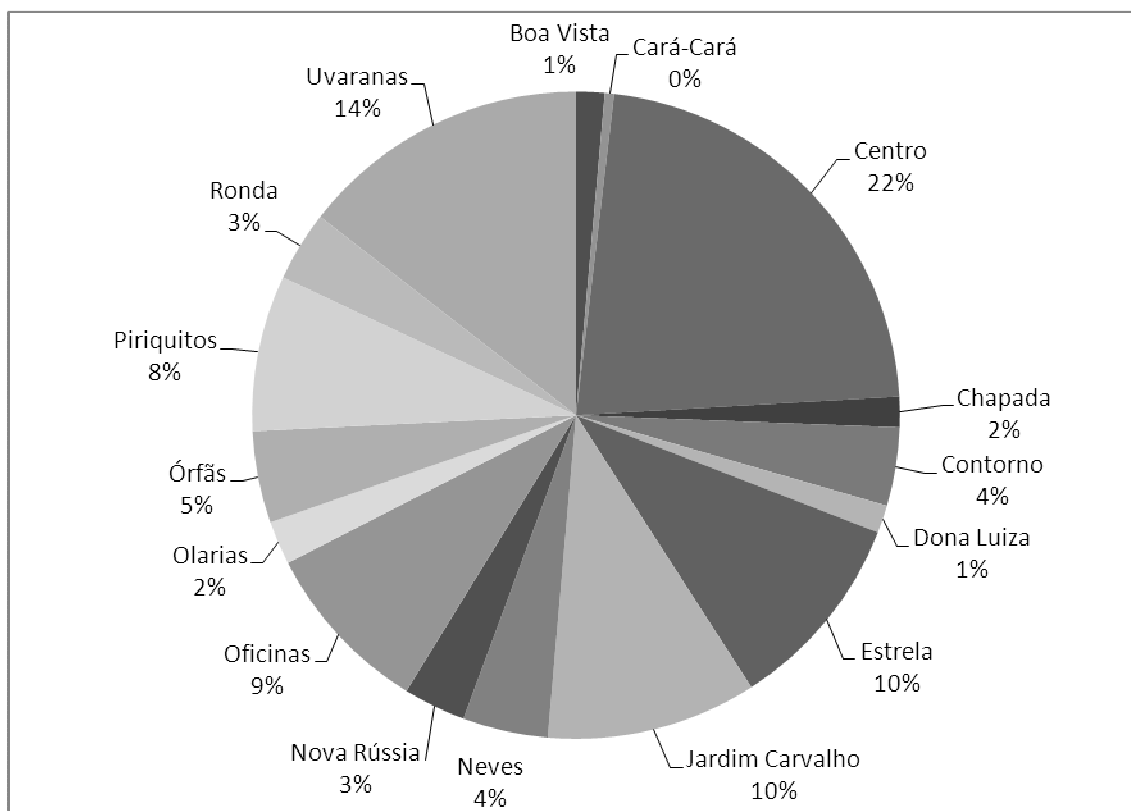


Gráfico 01: Volume total de resíduos por bairro.
Fonte: a autora.

O Gráfico 01 apresenta o bairro Centro como maior gerador de resíduos do período estudado, responsável por 22% do volume total de resíduos gerados, o que representa um volume de 3.495m³. O bairro de Uvaranas apresenta-se como o segundo maior gerador de resíduos, representando 14% do total, o que é caracterizado por um volume de 2.282m³ de resíduos.

O Gráfico 02, apresenta a parcela do volume total por resíduo declarado nas fichas de controle de transporte de resíduos no período coletado.

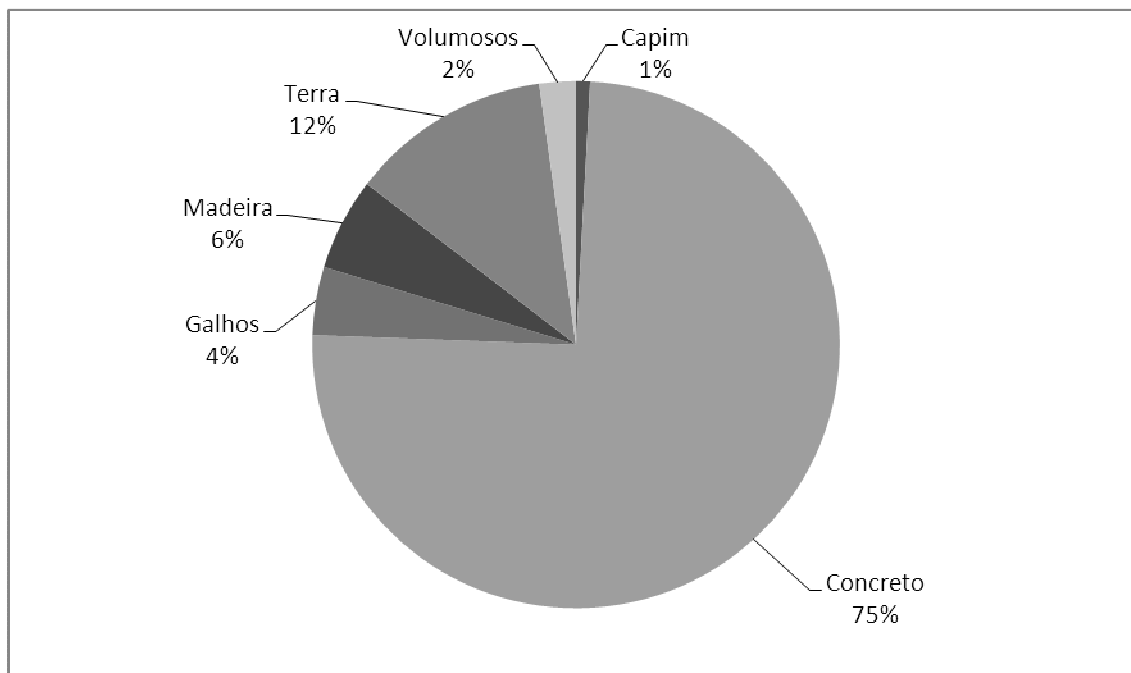


Gráfico 02: Volume total por resíduos.

Fonte: a autora.

Observa-se no Gráfico 02, que o resíduo de concreto apresenta-se como o maior volume de resíduos gerados na cidade de Ponta Grossa, o mesmo representa, aproximadamente, 75% do total de resíduos gerados na cidade, o que corresponde a 11.765m³ de resíduos – Anexo 5. A média de geração de resíduos nos 9 meses coletados em 2009, apresenta um volume mensal de 516m³ de resíduos. Já a média gerada em 2010, refere-se a 12 meses de dados coletados, representa um aumento de 8,5% no volume total de resíduos gerados.

O resíduo de terra apresenta-se como o segundo maior volume de resíduos descartados na cidade de Ponta Grossa, sendo responsável por 12% do total de descartado no período pesquisado. Nos anos de 2009 e 2010, a média de geração de resíduos é de aproximadamente 84m³ e 88m³, respectivamente. O mês de janeiro de 2011 apresenta um aumento de aproximadamente 48% em relação ao volume médio de resíduos gerados em 2010.

4.2 COMBINAÇÃO DOS DADOS

No momento da determinação dos pesos para cada item analisado, podem ocorrer inconsistências nas respostas, porém Saaty (1991) afirma que um fator de inconsistência considerado aceitável deve apresentar uma Razão de Consistência (RC) menor ou igual a 0,10.

A Figura 09, apresenta a preferencia dos decisores frente cada critério elencado no modelo. As respostas dos decisores apresentam uma RC dentro do índice considerado aceitável por Saaty, como apresentado a seguir:

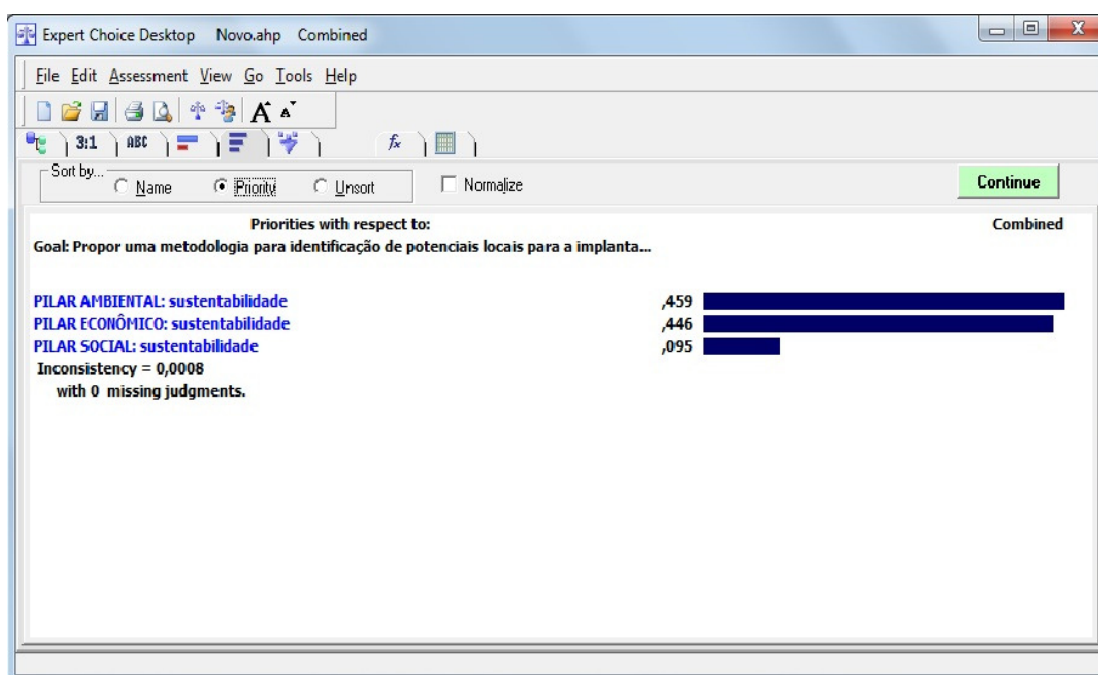


Figura 08: Razão de Consistência
Fonte: a autora.

Observa-se que os pesos dados pelos decisores apresentam uma RC de 0,0008, considerando assim, que os resultados obtidos pela combinação das respostas possuem uma pequena variação nos pesos recebidos.

O gráfico de sensibilidade dinâmica apresentado na Figura 09, representa o peso médio de cada critério, baseado nos dados fornecidos pelos decisores frente cada critério, subcritério e alternativas.

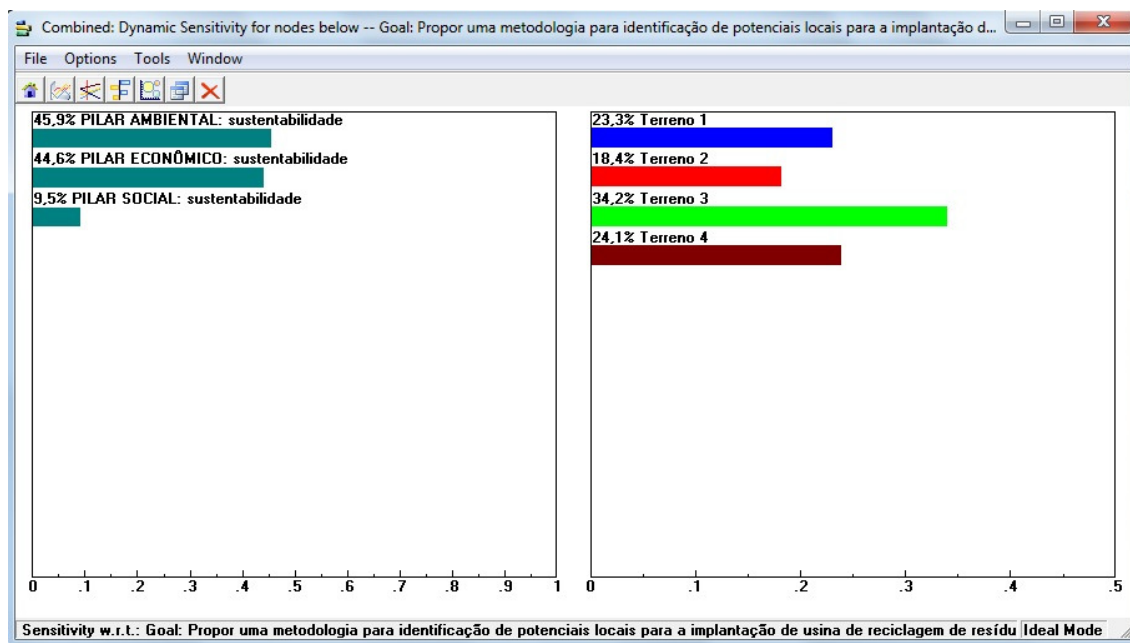


Figura 09: Sensibilidade Dinâmica

Fonte: a autora.

Com a combinação dos dados, observa-se a proximidade dos pesos obtidos pelos Pilares Ambiental e Econômico, sendo 45,9% e 44,6%, respectivamente. Deste modo, identifica-se a preocupação dos decisores em satisfazer a necessidade da implantação da usina na cidade de Ponta Grossa, buscando gerar pequenos impactos ambientais durante seu processo de implantação e beneficiamento de resíduos, e priorizando a escolha de terrenos economicamente viáveis, onde a melhor alternativa não deve prejudicar negociações futuras de implantação de outros órgãos públicos no local.

Os dados de análise de performance facilitam a identificação das alternativas que apresentam pesos abaixo da média estimada pelos decisores para cada subcritério, representando assim pontos de vulnerabilidade.

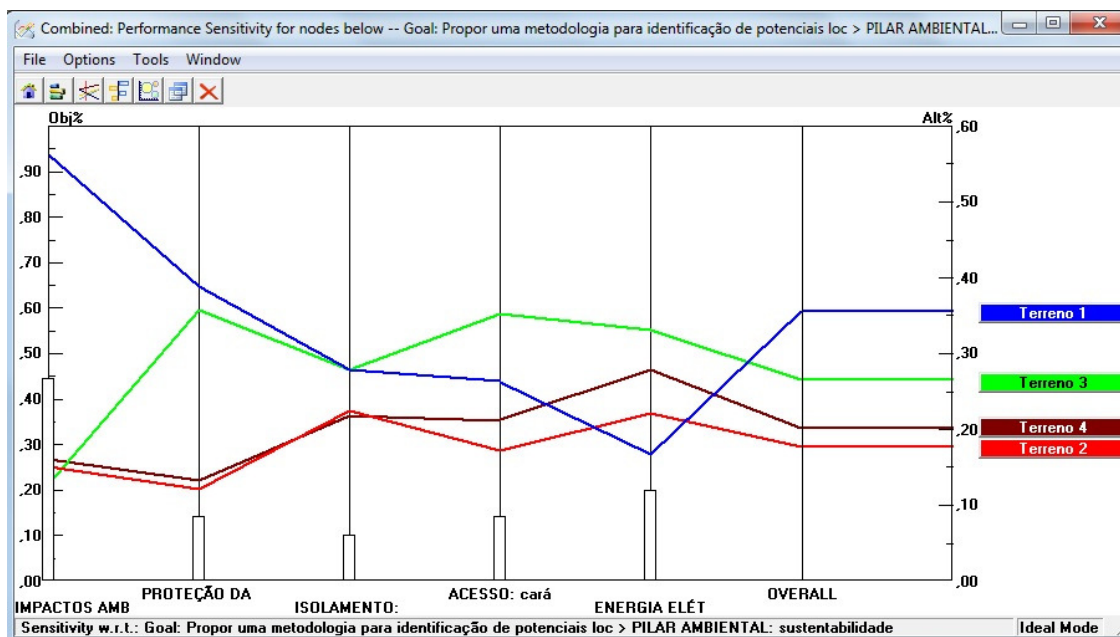


Figura 10: Análise da Performance – Pilar Ambiental
Fonte: a autora.

A Figura 10 apresenta a análise de performance de cada alternativa frente aos subcritérios que compõem o critério Pilar Ambiental. Para os decisores, o subcritério Impacto Ambiental apresenta maior relevância frente aos demais, sendo este responsável pela proteção da flora e fauna local. O Terreno 1 apresenta-se como a melhor alternativa sob a ótica do Pilar Ambiental.

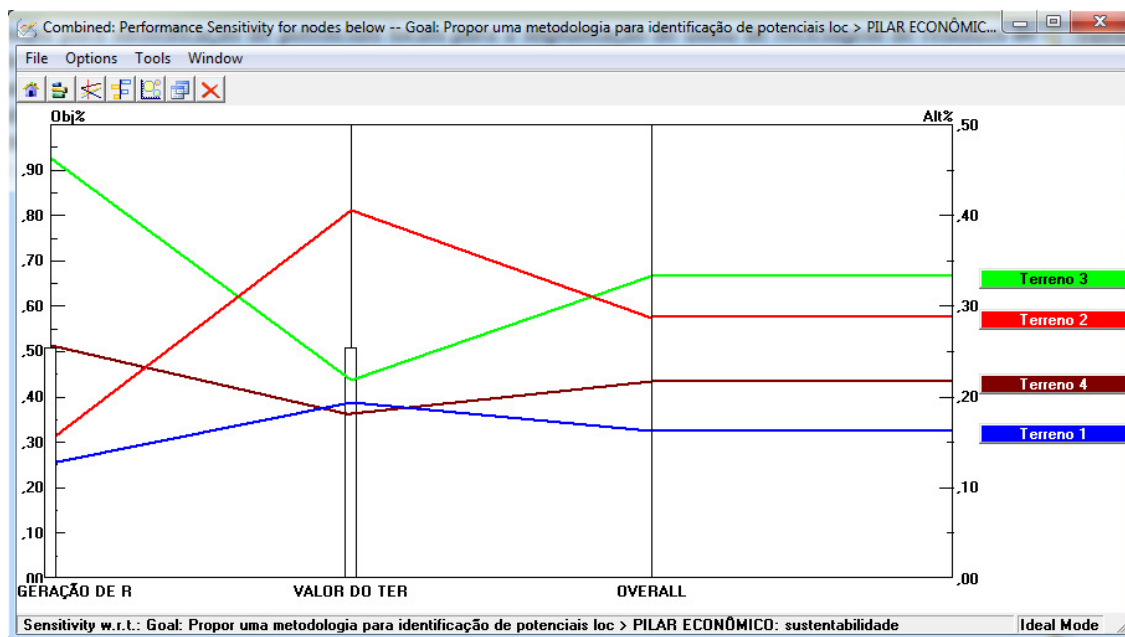


Figura 11: Análise da Performance – Pilar Econômico
 Fonte: a autora.

Apresenta na Figura 11, a análise de performance do critério Pilar Econômico em relação a seus subcritérios e alternativas. Neste critério seus subcritérios apresentam pesos similares, de modo que, a escolha do Terreno 3 como a melhor alternativa ocorreu devido ao volume de resíduos gerados na região analisada.

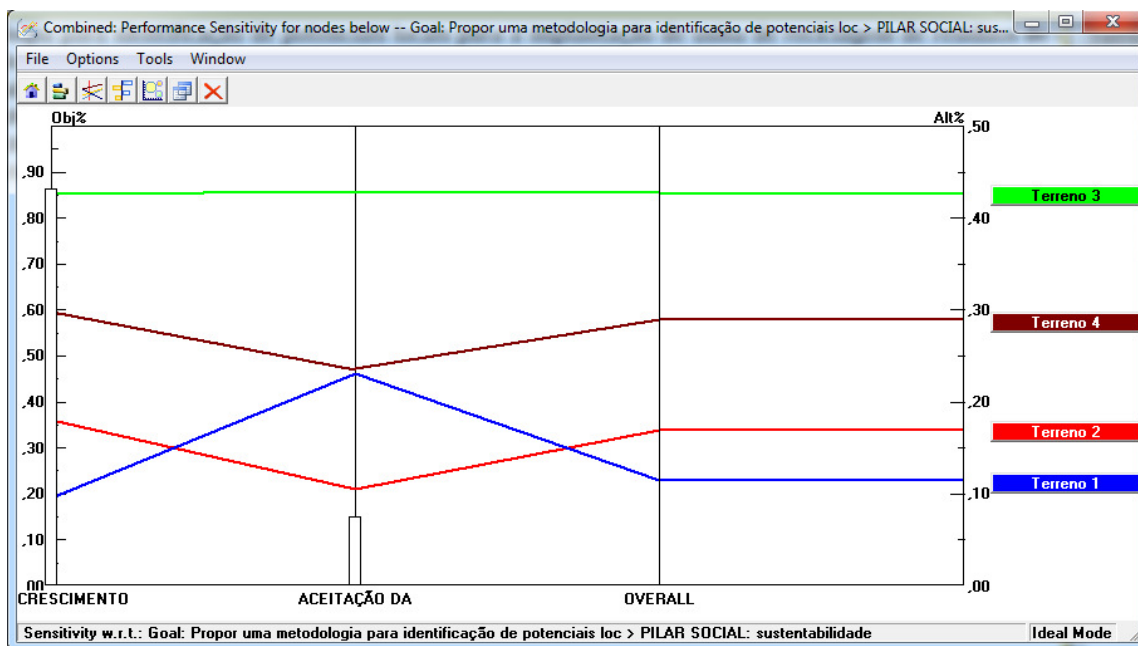


Figura 12: Análise da Performance – Pilar Social
 Fonte: a autora.

Na Figura 12, observa-se a análise de performance do critério Pilar Social frente aos subcritérios e alternativas. Segundo os decisores, o Terreno 3 apresenta-se como a melhor alternativa por representar a região com elevada geração de resíduos, como demonstrado pelo Pilar Econômico.

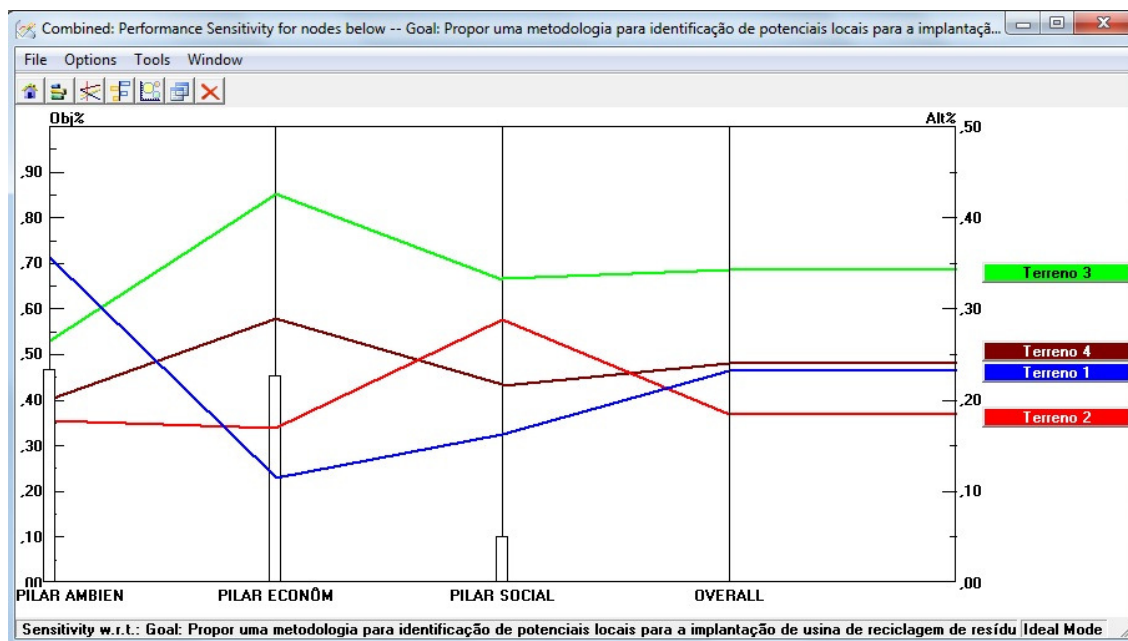


Figura 13: Análise da Performance
Fonte: a autora.

A Figura 13 apresenta a análise de performance de alternativas em relação aos critérios apresentados neste trabalho. Da combinação dos dados apresentados nas Figuras 10, 11 e 12, determinou-se o Terreno 3 como a melhor alternativa para a implantação da usina de reciclagem de RCC, segundo os critérios e subcritérios levantados neste trabalho.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o intuito de propor uma metodologia para identificação de potenciais locais para a implantação de uma usina de reciclagem de RCC, realizou-se – em um primeiro momento - uma contextualização sobre os temas: sustentabilidade e desenvolvimento sustentável; Resolução do CONAMA; Norma da ABNT e legislação municipal, que impõem critérios de manuseio e destino de resíduos da construção civil, e a implantação de usina para a reciclagem dos mesmos, buscando embasar a escolha dos critérios e subcritérios que formam o modelo hierárquico, e conseqüentemente, a escolha da melhor alternativa para implantação da usina de reciclagem de RCC.

A metodologia desenvolvida e apresentada neste trabalho pode ser adaptada à realidade de diferentes cidades que busquem a melhor alternativa para implantação da usina de reciclagem, respeitando os princípios dos pilares da sustentabilidade.

É importante ressaltar que os critérios, subcritérios e alternativas selecionadas como respostas do modelo desenvolvido neste trabalho, embora representem as preferências atuais dos decisores, é considerada decisão prescritiva, e não normativa. Ou seja, em aplicação futura do modelo, os decisores possuem liberdade para revisar, ou decidir contrariamente as respostas aqui apresentadas. Para melhor aplicação deste modelo, se faz necessário uma análise prévia sobre a realidade em que será aplicado o mesmo.

O método AHP permitiu transformar informações essencialmente qualitativas, em informações quantitativas, permitindo a elaboração de uma estrutura hierárquica de modo a facilitar os processos decisórios. Entretanto, a análise multicritério é altamente sensível a variações de julgamentos de valor realizadas pelos decisores, podendo pequenas alterações nos valores da decisão, alterarem completamente os resultados obtidos.

Por meio da análise de sensibilidade dinâmica, observou-se que entre os critérios selecionados, os pilares: Ambiental e Econômico receberam pesos aproximados – 45,9% e 44,6%, respectivamente – representando assim, critérios com maior fator de relevância no momento da tomada de decisão.

Com a análise de performance dos critérios: Pilar Ambiental; Pilar Econômico; e Pilar Social, obteve-se os subcritérios de maior relevância para cada critério, sendo eles: Impacto ambiental; Geração de resíduos e Valor dos terrenos; e Crescimento urbanos, respectivamente. Estes subcritérios representam filtros para a seleção da alternativa que melhor represente os principais critérios e subcritérios selecionados pelos tomadores de decisão.

Da combinação dos pesos coletados, concluiu-se que:

- O critério Pilar Ambiental apresenta maior fator de tomada de decisão, destacando assim a preocupação com os impactos ambientais para a escolha da melhor alternativa para a implantação da usina;
- O Terreno 3 – localizado no bairro de Uvaranas, com área total de 3085,08 m², valor estimado de R\$ 145,00 m² e apresentado neste trabalho como o segundo maior gerador de resíduos – apresenta-se como a alternativa com maior potencial para a implantação da usina de reciclagem de RCC, na cidade de Ponta Grossa.

Constatou-se como limitações da pesquisa: a dificuldade na obtenção de informações referentes ao volume de RCC gerados na cidade de Ponta Grossa, e o histórico de geração de resíduos estar limitado ao período de março de 2009 a janeiro de 2011.

Conclui-se com este trabalho, que a implantação de uma usina de reciclagem de RCC na cidade de Ponta Grossa, traria notórios benefícios ambientais, econômicos e sociais, tais como: o aumento da vida útil dos aterros sanitários; a diminuição da extração de matéria-prima devido a aplicabilidade do processo logístico reverso nos resíduos; a diminuição da poluição visual do descarte ou coleta incorreta destes resíduos e o aumento no número de empregos.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Tendo em vista os resultados obtidos e apresentados neste trabalho, apresentam-se sugestões para a realização de trabalhos que possam ser complementares.

- Estudo sobre dimensões adequadas de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil, para a demanda de resíduos da cidade de Ponta Grossa;
- Estudo sobre a viabilidade econômica da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil, na cidade de Ponta Grossa;
- Estudo sobre a viabilidade social da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil, na cidade de Ponta Grossa.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR 15114:2004. Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ABRELPE - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil, 2010. Disponível em: http://www.abrelpe.org.br/panorama_apresentacao.cfm. Acesso em: dezembro de 2011.
- ALLEN, R. **How to save the world**. New Jersey: Barnes and Noble; 1980.
- BABIC, Z.; PLAZIBAT, N. Ranking of enterprises based on multi-criteria analysis. **International Journal of Production Economics**. 56–57 (1–3) 29–35;1998.
- BARBIERI, J. C.; DIAS, M.. Logística reversa como instrumento de programas de produção e consumo sustentável. **Revista Tecnológica**. São Paulo, ano VI, n. 77, p.58-69, abr. 2002.
- BAUMGARTNER, S.; QUAAS, M. F., What is Sustainability Economics? **Ecological Economics**, Vol. 69, No. 3, p. 445-450, 2010.
- BELDERRAIN, M. C. N.; SILVA, R. M. Considerações sobre Métodos de Decisão Multicritério. In: **XI Encontro de Iniciação Científica e Pós Graduação do ITA 2005**. São José dos Campos. 2005.
- BERCKES, F.; FOLKE, C. **Linking social and ecological systems for resilience and sustainability**. Cambridge: Cambridge University Press: p. 1- 25, 1998.
- BITHAS, K. P.; CHRISTOFAKIS, M. Environmentally sustainable cities: critical review and operational conditions. **Sustain Development**. 14: 177–89. 2006.
- BRASIL. *Resolução do CONAMA. N° 307, de 5 de julho de 2002*. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicação em DOU: 17/07/2002. Brasília, 2002. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/federal/resolucoes/2002_Res_CONAMA_307.pdf. Acesso em: maio de 2011.
- CARROL, A. The pyramid of corporate social responsibility: toward the moral management of organizational stakeholders. **Business Horizons**, v. 34, n. 4, Jul-Aug, 1991.
- CHIN, K. S.; PUN, K. F.; XU, Y.; CHAN, J. S. F. An AHP based study of critical factors for TQM implementation in Shanghai manufacturing industries. **International Journal of Technical Innovation and Entrepreneurship**, v. 22, n. 2, p. 707-715, 2002.
- CLEMEN, R. T. **Making hard decision**: an introduction to decision analysis. 2. Ed. Belmont: Duxbury Press, 1995.

COSTA, M. S. **Mobilidade Urbana Sustentável: Um Estudo Comparativo e as Bases de um Sistema de Gestão para Brasil e Portugal.** 2003. 184 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) USP - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2003.

DAHER, C. E.; SILVA, E. P. de L. S.; FONSECA, A. P. Logística Reversa: Oportunidade para Redução de Custos através do Gerenciamento da Cadeia Integrada de Valor. **BBR Brazilian Business Review**, v. 3. n. 1, pp. 58-73, 2006.

DALKEY, N.; HELMER, O. Na experimental application of Delphi method to the use of experts. **Management Science**, Maryland, v. 9, n. 3, p. 458-467, April. 1963.

DAVIS, K. Can business afford to ignore corporate social responsibilities? **California Management Review**, v. p. 70-76, 1960.

ELKINGTON, J. **Canibais com garfo e faca.** São Paulo: Makron Books, 2001.

FAIRLEY, S. et al. The formula one Australian Grans Prix: Exploring the triple bottom line. **Sport Management Review**. 141-152. 2011.

FISCHER, J.; MANNING, A. D.; STEFFEN, W.; ROSE, D. B.; DANIELL, K.; FELTON, A.; GARNETT, S.; GILNA, B.; HEINSOHN, R.; LINDENMAYER, D. B.; MACDONALD, B.; MILLS, F.; REID, J.; ROBIN, L.; SHERREN, K.; WADE, A. Mind the sustainability gap. **Trends in Ecology and Evolution**. v. 22, n° 12, 2007.

GAMBORG, C.; SANDOE, P. Sustainability in farm animal breeding: a review. **Livestock Production Science**. v. 92. p. 221-231. 2005.

GIL, A. C. **Como elaborar Projetos de pesquisa.** São Paulo: Atlas, 1996.

GLAVIC, P.; LUKMAN, R. Review of sustainability terms and their definitions. **Journal of cleaner production**. 1875-1885. 2007.

GRAY, R. Is accouting for sustainability actually accouting for sustainability... and how would we know? An exploration of narratives of organizations and the planet. **Accounting, Organizations and Society**, v. 35, p. 47-62, 2010.

HACKING, T; GUTHRIE, P. A framework for clarifying the meaning of triple bottom line, Integrated, and Sustainability Assosment. **Environmental Impact Assessment Review**. 73 – 89. 2003.

HAIR Jr., J. F.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. **Análise multivariada de dados.** 5. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HAMMOND, J. S.; KEENEY, R. L.; RAIFFA, H. **Decisões inteligentes: somos movidos a decisões – como avaliar alternativas e tomar a melhor decisão.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

HOLLING, C. S. Theories for sustainable futures. **Ecology and Society**. v. 4. n. 2. 2000.

HSU, Y. G.; TZENG, H.; SHYU, J. Fuzzy multiple criteria selection of government-sponsored frontier technology R&D projects. **R&D Management**, v. 33, n. 5, p. 539-551, 2003.

HUANG, C.; CHU, P.; CHIANG, Y. A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D Project selection. **Omega**, v. 36, n. 6, p. 1038-1052, 2008.

IAÑES, M. M.; CUNHA, C. B. Uma metodologia para a seleção de um provedor logístico. **Revista Produção**. v.16, n.3, p. 394-412, 2006.

KANG, H. Y.; LEE, H. I. Priority mix planning for semiconductor fabrication by fuzzy AHP ranking. **Expert Systems with Applications**, v. 32, n. 2, p. 560-570, 2007.

LEITE, P. R. **Logística Reversa: meio ambiente e competitividade**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.

LEVY, S. M. Materiais reciclados na construção civil. In: ISAIA, G. C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. São Paulo: Ibracon, 2007.

LINSTONE, H.; TUROFF, M. **The Delphi method: techniques and applications reading**. Mass: Addison-Wesley Publishing Company, 1975.

MAHONEY, M.; POTTER, J. L. Integrating health impact assessment into the triple bottom line concept. **Environmental Impact Assessment Review**. 151-160. 2004.

NUNES, K. R. A. **Avaliação de investimentos e de desempenho de centrais de reciclagem para resíduos sólidos de construção e demolição**. 2004. 297f. Tese Doutorado em Engenharia de Produção – Departamento de Pós-graduação em engenharia. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2004.

OLIVEIRA, E.P. **Modelo conceitual de um sistema de apoio à decisão, para gestores de logística e transporte em canais de exportação agrícola**. 2007. Tese (Doutorado em Engenharia de produção) – Departamento de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2007.

ONU – Organização das Nações Unidas. Relatório da comissão mundial sobre meio ambiente e desenvolvimento. Nosso futuro comum. 2 ed. São Paulo: FGV, 1991.

PARRIS, T. M.; KATES, R. W. Characterizing and measuring sustainable development. **Annual Reviews Environment and Resources**. pp.559-586. 2003.

PINTO, T. P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. 1999. 189 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 1999.

PONTA GROSSA. Decreto Municipal nº 1111, de 17 de agosto de 2006. Aprova o plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil do município de Ponta Grossa. Publicação em DOU: 29/05/2007. Ponta Grossa, 2007. Disponível em: <http://www.leismunicipais.com.br/cgi-local/forpags/showinglaw.pl>. Acesso em: agosto de 2011.

QUEL, L. F. **Gestão da qualidade de vida nas organizações: o pilar humano da sustentabilidade em instituições de ensino superior da rede privada.** 2010. 411f. Tese (Doutorado em Administração) – Departamento de Administração da Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade da Universidade de São Paulo. São Paulo. 2010.

RODRIGUES, D. F.; RODRIGUES, G. G.; LEAL, J. E.; PIZZALOTO, N. D. Logística Reversa – conceitos e componentes do sistema. **XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção.** Curitiba, 2002.

SAATY, T. L. **The Analytic Hierarchy Process and Health Care Problems.** New York: McGraw-Hill. 1980.

SAATY, T. **Método de análise hierárquica.** São Paulo: McGraw-Hill, 1991.

SACKMAN, H. **Delphi critique:** Expert Opinion, Forecasting, and Group Process. Lexington, Massachusetts: Lexington Book, 1975.

SCHNEIDER, D. M. **Deposições irregulares de resíduos da construção civil na cidade de São Paulo.** 2003. 126 f. Dissertação de Mestrado – Departamento de Saúde Ambiental da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2003.

SCHUBERT, A.; LANG, I. The literature aftermath of the Brundtland report our common future: a scientometric study based on citations in science and social science journals. **Environment, Development and Sustainability**, v.7, p. 1-8, 2005.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação.** 3. ed. Florianópolis: Laboratório de Ensino à Distância da Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

TANGUAY, G. A.; RAJAONSON, J.; LEFEBVRE, J. F.; LANOIE, P. Measuring the sustainability of cities: an analysis of the use of local indicators. **Ecological Indicators**. v. 10, n.º. 2, pp. 407-418, Mar. 2010.

VEIGA, J. O principal desafio do século XXI. **Revista Ciencia e Cultura**, n. 2, p. 4-5, 2005.

VICHAS, R. P. **Complete handbook of profitable marketing research techniques.** Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1982.

WANG, L.; CHU, J.; WU, J. Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process. **International Journal of Production Economics**. v.107, n.1, p. 151-163, 2007.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R. A. Delphi – uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de pesquisas em Administração**, v. 01, n. 12. São Paulo, 2000.

APÊNDICE A – 1º rodada de aplicação da técnica Delphi

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Pesquisadora: Mayara Cristina Ghedini da Silva
Orientador: Prof. Dr. João Carlos Colmenero

1º rodada de aplicação da técnica Delphi

Com o objetivo geral de propor uma metodologia para identificação de potenciais locais para implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção civil, a ser administrada pela Prefeitura Municipal de Ponta Grossa.

O presente questionário busca selecionar os indicadores ambientais, econômicos e sociais que apresentam maior relevância para atingir o objetivo proposto, e na sequência, estabelecer a estrutura hierárquica que melhor comporte os indicadores selecionados. Deste modo, solicitamos que responda as questões a seguir, considerando seus conhecimentos, informações técnicas e experiências aplicáveis a pesquisa em questão.

Questão 1: De acordo com premissas básicas referentes ao conhecimento sobre os pilares da sustentabilidade, acredita-se que o fator social - que está relacionado ao desenvolvimento de ações que busquem valorizar os trabalhadores, as empresas e a sociedade – é um pilar relevante a ser analisado para a escolha do local ideal para implantação da usina de reciclagem. Por favor, assinale se concorda ou discorda da afirmação anterior:

Concordo **Discordo**

Na sequência, verifique se os subcritérios apresentados a seguir estão efetivamente relacionados ao pilar social, assinale-os e se discordar de algum, por favor, explique suas razões:

Crescimento Urbano (dados apresentados no mapa em anexo)

Aceitação da População (grau de aceitabilidade da população que vive nas remediações do local a ser implantado a usina)

Observações:-

Questão 2: Dentre os pilares da sustentabilidade, o fator ambiental – que busca desenvolver uma interação de processos com o meio ambiente, sem causar danos ao mesmo - é um pilar relevante a ser analisado para a escolha do local ideal para implantação da usina de reciclagem. Por favor, assinale se concorda ou discorda da afirmação anterior:

Concordo **Discordo**

Na sequência, verifique se os subcritérios apresentados a seguir estão efetivamente relacionados ao pilar social, assinale-os e se discordar de algum, por favor, explique suas razões:

Impactos ambientais (proteção da flora e fauna local)

Proteção das águas (respeitar as faixas de proteção dos corpos d'água; planejamento de implantação de um sistema de drenagem das águas de escoamento superficial)

Isolamento (sinalização do perímetro da área; controle de acesso ao local; preocupação com aspectos relativos à vizinhança, ventos e estética)

Acesso (proteção e manutenção do acesso, assegurando viabilidade de utilização em diferentes condições climáticas)

Energia Elétrica (iluminação que permita ações de emergência a qualquer tempo)

Observações:

Questão 3: O terceiro pilar da sustentabilidade a ser questionado é o fator econômico - que busca o desenvolvimento de produtos e empreendimentos que atendam os fatores sociais e ambientais de maneira economicamente viável - é um pilar relevante a ser analisado para a escolha do local ideal para implantação da usina de reciclagem. Por favor, assinale se concorda ou discorda da afirmação anterior:

Concordo **Discordo**

Na sequência, verifique se os subcritérios apresentados a seguir estão efetivamente relacionados ao pilar social, assinale-os e se discordar de algum, por favor, explique suas razões:

Geração de Resíduo (dados apresentados no mapa em anexo)

Valor do Terreno (m²) (dados apresentados no mapa em anexo)

Observações:

-

APÊNDICE B – 2º rodada de aplicação da técnica Delphi

Questão 2: Em relação ao fator econômico, compare os seguintes critérios:

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Valor do terreno										Geração de resíduos

Questão 3: Em relação ao fator social, compare os seguintes critérios:

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Crescimento urbano										Aceitação da população

Questão 4: Em relação ao fator ambiental, compare os seguintes critérios:

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Energia Elétrica										Isolamento
Energia Elétrica										Acesso
Energia Elétrica										Proteção das águas
Energia Elétrica										Impactos Ambientais
Isolamento										Acesso
Isolamento										Proteção das águas
Isolamento										Impactos Ambientais
Acesso										Proteção das águas
Acesso										Impactos Ambientais
Proteção das águas										Impactos Ambientais

APÊNDICE C – 3º rodada de aplicação da técnica Delphi

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
Pesquisadora: Mayara Cristina Ghedini da Silva
Orientador: Prof. Dr. João Carlos Colmenero

3º rodada de aplicação da técnica Delphi

O presente questionário tem como objetivo Mapear possíveis locais para implantação de uma usina de reciclagem de resíduos de construção civil, na cidade de Ponta Grossa.

Para responder o questionário, você deverá marcar em cada linha qual o grau de importância de um critério comparado com outro, segundo a escala fundamental de Saaty (1980), apresentada a seguir:

1	Igual Importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma para a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições.

Subcritério: Social

Questão 6: Em relação ao subcritério Crescimento Urbano, compare as seguintes alternativas:

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Terreno 1										Terreno 2
Terreno 1										Terreno 3
Terreno 1										Terreno 4
Terreno 2										Terreno 3
Terreno 2										Terreno 4
Terreno 3										Terreno 4

Questão 7: Em relação ao subcritério Aceitação da População, compare as seguintes alternativas:

	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
Terreno 1										Terreno 2
Terreno 1										Terreno 3
Terreno 1										Terreno 4
Terreno 2										Terreno 3
Terreno 2										Terreno 4
Terreno 3										Terreno 4

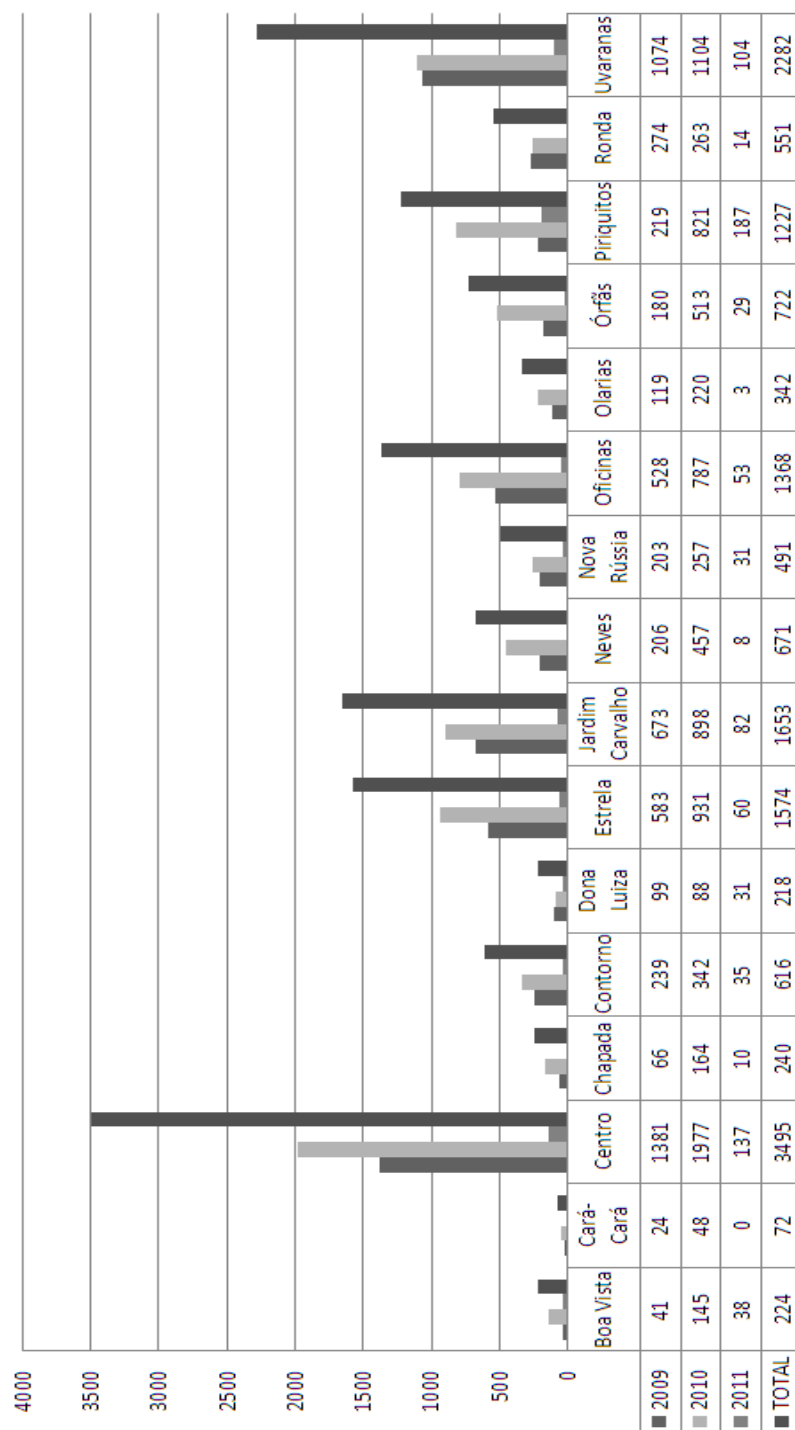
Subcritério: Social

Questão 8: Em relação ao subcritério Geração de Resíduo, compare as seguintes alternativas:

APÊNDICE D – Volume de resíduos gerados em Ponta Grossa, de 2009 a 2011

Volume de resíduos gerados em Ponta Grossa, de 2009 a 2011

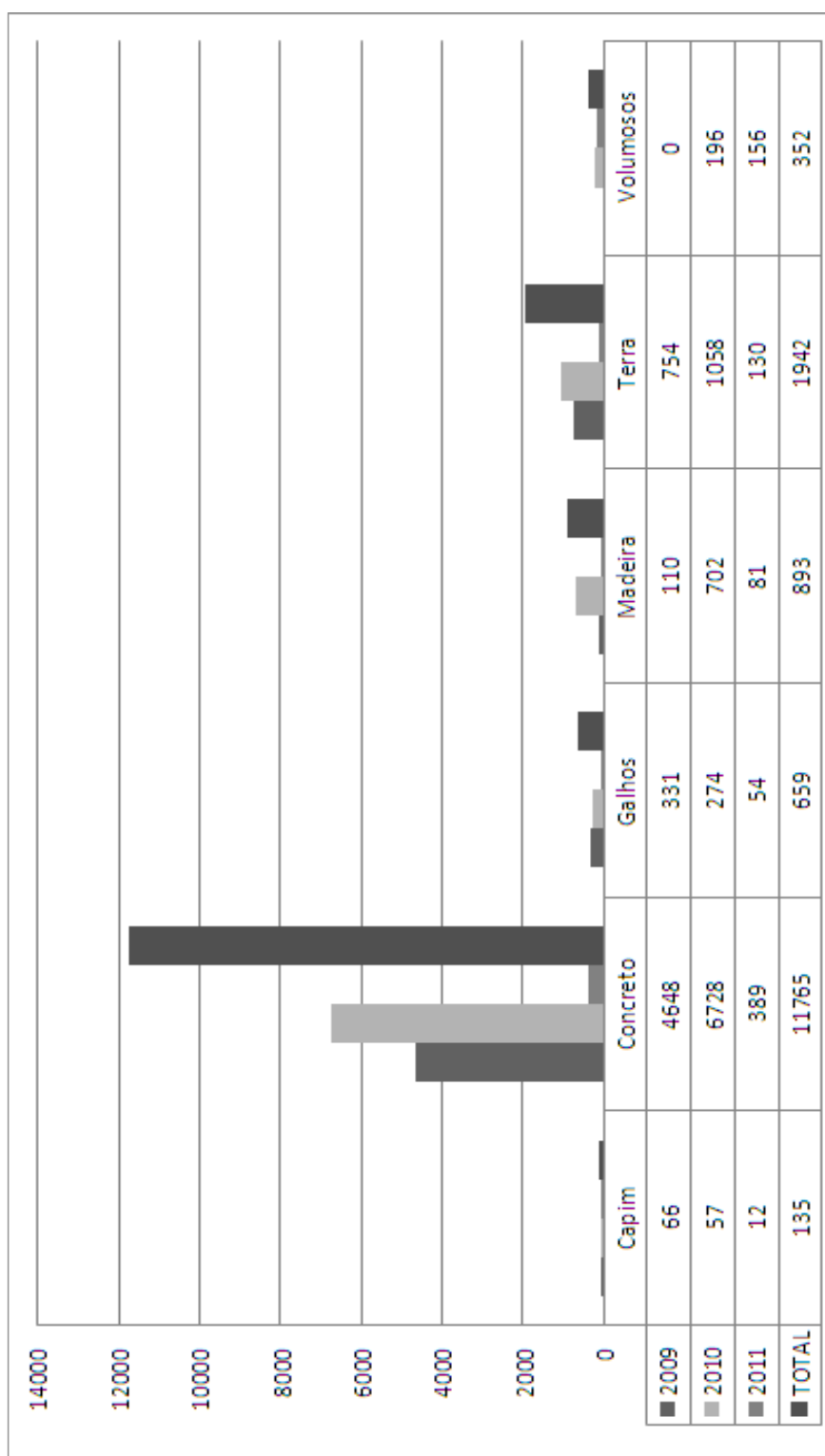
Coleta de dados referente ao bairro de origem dos resíduos, no período de março de 2009 a janeiro de 2011. Os volumes de resíduos sólidos da construção civil apresentados na tabela a seguir, são representados em m³.



APÊNDICE E – Volume de resíduos gerados em Ponta Grossa, de 2009 a 2011

Volume de resíduos gerados em Ponta Grossa, de 2009 a 2011

Coleta de dados referente aos tipos de resíduos gerados na cidade de Ponta Grossa, no período de março de 2009 a janeiro de 2011. Os volumes de resíduos sólidos da construção civil apresentados na tabela a seguir, são representados em m³.

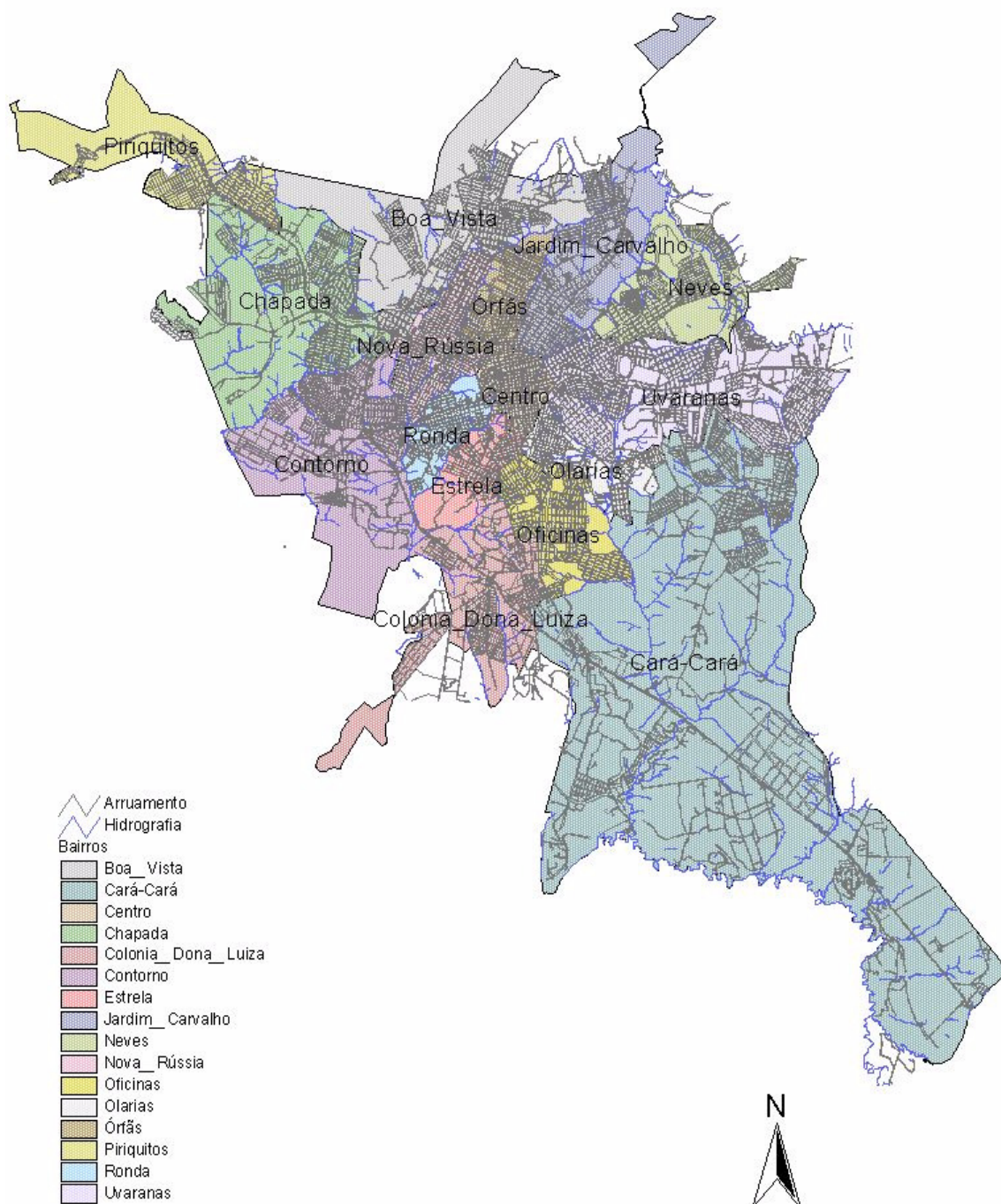


ANEXO A – Mapa cidade de Ponta Grossa – divisão por bairros



Município de Ponta Grossa

Mapa de Divisão Territorial dos Bairros



ANEXO B – Controle de Transporte de Resíduos (CTR)

ABNT NBR 15114:2004

© ABNT 2004 – Todos os direitos reservados 7

Anexo A (normativo)

CTR – Controle de Transporte de Resíduos

A.1 Conteúdo mínimo

Este documento, emitido em três vias (gerador, transportador e destinatário), deve conter descrição dos dados, conforme indicados a seguir:

a) transportador:

— nome e cpf e/ou razão social e inscrição municipal;

b) gerador/origem:

— nome e CPF e/ou razão social e CNPJ;

c) endereço da retirada;

d) destinatário:

— nome e CPF e/ou razão social e CNPJ;

e) endereço do destino;

f) volume (em metros cúbicos) ou quantidade (em toneladas) transportada;

g) descrição do material predominante:

— solo;

— material asfáltico;

— madeira;

— concreto/argamassas/alvenaria;

— volumosos (incluindo podas);

— outros (especificar);

h) data;

i) assinatura do transportador;

j) assinatura da área de transbordo e triagem;

k) assinatura da área de destinação de resíduos.