

TRABALHOS SELECIONADOS PARA PLENÁRIAS

EIXO TEMÁTICO: GESTÃO DA PRODUÇÃO



**APLICAÇÃO DO MÉTODO ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) PARA A
SELEÇÃO DE FORNECEDORES NO SETOR DE MANUTENÇÕES
AUTOMOTIVAS**

**APPLICATION OF ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP) METHOD FOR
SELECTING SUPPLIERS IN THE AUTOMOTIVE MAINTENANCE SECTOR**

Bruna Silva de Arruda, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões,
URI, RS, Brasil, brunaarruda@aluno.santoangelo.uri.br

Luciano Nascimento Ramos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das
Missões, URI, RS, Brasil, lucianornascimento@aluno.santoangelo.uri.br

Adolfo Alberto Vanti Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, URI,
RS, Brasil, adolfo.vanti@san.uri.br

Pedro Solana-González, Universidad de Cantabria, UC, Santander, Espanha,
Pedro.solana@unican.es

RESUMO

O presente artigo foi desenvolvido com ênfase na maximização de processos produtivos relacionados aos serviços prestados por uma empresa do setor de manutenções automotivas, situada na região noroeste do Rio Grande do Sul. O objetivo principal desse estudo, foi a criação de critérios utilizados para a seleção dos fornecedores, pois a empresa não possuía nenhum mecanismo para fundamentar tais escolhas, apenas o *feeling* dos gestores e históricos de compras. Através da aplicação do método Analytic Hierarchy Process (AHP), definimos quais fatores devem ser considerados fundamentais para a definição dos fornecedores e apresentamos como eles interferem diretamente na produtividade e resultados, dos dados obtidos através do AHP, o estudo nos evidenciou que a empresa em questão considera a *qualidade* de produtos e serviços como critério principal no processo de escolha de seus fornecedores, sugerindo que – dentre os três fornecedores avaliados – o Fornecedor 03 seja o melhor qualificado, de acordo com os critérios e subcritérios estipulados pela empresa, para atender as necessidades da entidade.

Palavras-chave: AHP; seleção fornecedores; Manutenções automotivas; Serviços.

ABSTRACT

The present article was developed with emphasis on the maximization of productive processes related to the services rendered by a company of the automotive maintenance sector, located in the northwest region of Rio Grande do Sul. The main objective of this study was the creation of criteria used for the selection. suppliers, as the company had no mechanism to substantiate such choices, only the managers' feelings and purchasing histories. Through the application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) method, we define which factors should be considered fundamental for the definition of suppliers and how they directly affect the productivity and results of the data obtained through the AHP, the study showed us that the company in This issue considers the quality of products and services as the main criterion in the process of choosing its suppliers, suggesting that - among the three evaluated suppliers - Supplier 03 is the best qualified, according to the criteria and sub-criteria established by the company, to meet the needs of the entity.

Keywords: AHP; selection suppliers; Automotive maintenance; Services.

1 Introdução

As empresas e outras instituições buscam incessantemente novas formas de otimizar seus processos, recursos e produtos, firmando-se no cenário competitivo (PORTER, 2008) internacional. Com o avanço de mecanismos de produção e tecnologias, o gestor deve analisar quais as mudanças devem ocorrer no âmbito da empresa, analisando – inicialmente – seus processos e, como foco principal do presente estudo, a decisão sobre critérios utilizados para a seleção de fornecedores (BIANCHINI, 2018) que envolve de maneira indireta projetos, logística, atuação funcional e sistemas de medição e avaliação.

Estima-se que a maximização da produção na economia de recursos (insumos, matéria prima, capital, desperdícios, perdas, (etc) mantenha a empresa competitiva dentro de um mercado cada vez mais disputado, na qual encontramos serviços de qualidade e preços cada vez mais atrativos. A escolha de quais serviços e produtos ofertar, por exemplo, representa a força de determinada entidade e, conseqüentemente, determina a sua posição no mercado. Portanto, nesse estudo, decidimos mensurar como a escolha de determinado fornecedor interfere na maximização da produção e na avaliação dos produtos e serviços prestados pela empresa.

Os critérios utilizados para a definição das melhores escolhas para alcançar êxito operacional e financeiros, exigem, a aplicação de diversas abordagens por parte do gestor: quais as maneiras de otimizar os processos de mão de obra, garantindo a qualidade? Como definir os melhores critérios na escolha de um fornecedor? Neste estudo, a empresa estudada costumava apenas a basear-se na intuição dos gestores e nos registros dos históricos de compras, a ação inicial foi definir cinco critérios principais a serem considerados: qualidade, flexibilidade, velocidade, custo de aquisição e perfil. Com o objetivo de colocar esses critérios, anteriormente definidos, em prática, esse trabalho utilizou um método de auxílio à decisão sob múltiplos atributos o Analytic Hierarchy Process - AHP. Assim, atendeu-se ao objetivo desse trabalho em Selecionar fornecedores com uma aplicação no setor de manutenções automotivas.

2. Revisão bibliográfica

Para a revisão bibliográfica o trabalho contempla inicialmente a forma de tomada de decisão com o método Analytic Hierarchy Process (AHP), logo Mão de Obra de Produção, passando por Fornecedores. Com isso se conclui essa parte teórica e se alcança então a parte Metodológica e logo aplicação prática gerando resultados e conclusões.

2.1. Método analytic hierarchy process (ahp)

Os processos que envolvem a escolha de um determinado fornecedor são complexos, devida a necessidade de considerar e analisar diversos fatores distintos e, ao mesmo tempo, fundamentais, o que, geralmente, acarreta conflitos de preferências, dificultando as ações do gestor. O método Analytic Hierarchy Process (AHP) foi criado por Tomas L. Saaty (SAATY, 1991) baseado nas ações matemáticas e teorias da psicologia. De acordo com Schmidt, (1995), o AHP foi desenvolvido com a finalidade de auxiliar nos processos de tomadas de decisão, planejamentos empresariais, resoluções de conflitos e diversas outras modalidades em que a multiplicidade de fatores está presente.

Costa (2002) afirma que o AHP é uma importante ferramenta de auxílio à decisão que permite o reconhecimento e tratamento da subjetividade que esteja presente em diversos processos decisórios.

Existem fundamentações que consideram as vantagens e desvantagens do uso do método, por exemplo, Saaty (1994), onde defende que, o benefício do método é que, como os valores dos julgamentos das comparações paritárias são baseados em experiência, intuição e também em dados físicos, o AHP pode lidar com aspectos qualitativos e quantitativos de um problema de decisão.

Para fundamentar a tomada de decisões, inicialmente precisamos reconhecer quais os problemas enfrentados, posteriormente, quais os objetivos a serem alcançados. Em decorrer disso, Saaty (1991) orienta às etapas a serem seguidas para que um problema seja bem fundamentado e seja passível de resoluções.

- a) Definir o problema enfrentado pela empresa;

- b) Estruturar a hierarquia de decisões: objetivo das decisões e critérios a serem avaliados;
- c) Construir matrizes de comparação entre os critérios definidos;
- d) Utilizar os resultados obtidos para verificar quais as prioridades, dentre as opções, para a empresa.

A ilustração abaixo refere-se à hierarquização do método AHP:

Figura 1: Ilustração da estrutura hierárquica de Saaty.



Fonte: Adaptado de Saaty (1991).

Utilizando os critérios selecionados, foram preenchidas matrizes de comparação entre um atributo e outro. Os resultados obtidos nos possibilitaram uma análise de quão importante é, para essa empresa, selecionar seus fornecedores com embasamento em atributos específicos. Como prestadora de serviços, a empresa estudada, precisa da otimização de processos, visando uma maior produtividade e postura competitiva no mercado.

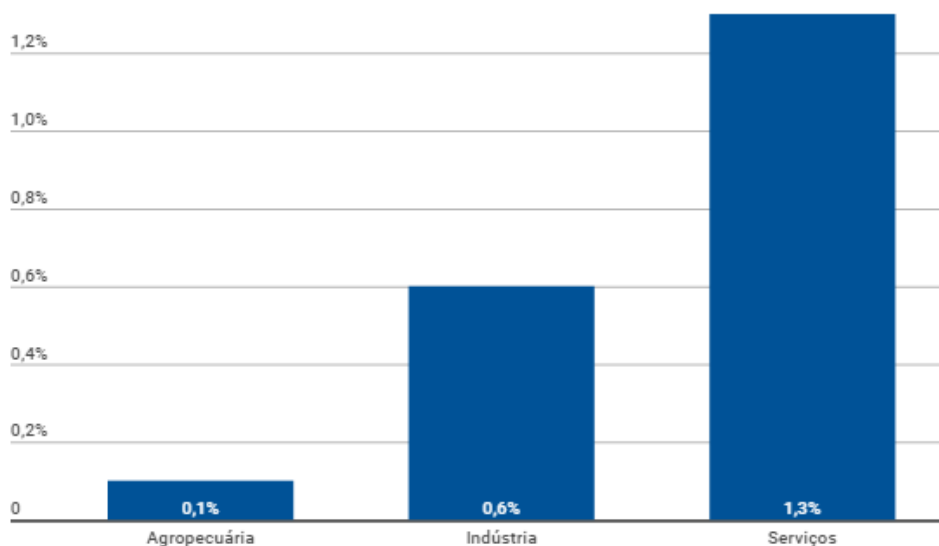
2.2. Mão de obra da produção

O setor de serviços vem apresentando um aumento crescente a cada ano, segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2018, o setor de serviços representou 75,8% do Produto Interno Bruto. Essas atividades são representadas por diversas áreas e atividades, no caso desse estudo, abordamos o setor de manutenções automotivas e suas peculiaridades.

Figura 1: Ilustração da representatividade do setor de serviços no PIB.

PIB por setor - produção

Variação acumulada em 2018 frente ao ano anterior



Fonte: IBGE

A indústria 4.0 indica diversos elementos em sua estrutura moderna como Computação em nuvem, IoT, Sistemas Incorporados, Colaboração, Interconexão, Fábrica Inteligente, Segurança, impressão 3D, Análise de dados, Inteligência e autonomia, Customização em massa, Cadeia de Valores, Realidade Virtual Aumentada, Digitalização, Adaptabilidade, Teoria do Agente entre outros. No que se refere à informação Business Analytics e ainda maior robotização, juntamente com segurança da informação serão pautas prioritárias nas empresas a partir de 2020 (PISSARDINI & SACOMANO, 2019).

A empresa foco desse estudo está há 15 anos no mercado, prestando serviços de mão de obra especializada na reparação de veículos pesados, atua em área que necessita de constantes atualizações e especializações por parte dos prestadores e deve também se preparar ao novo ciclo de conhecimento de indústria 4.0.

Os custos do setor de serviços são altos, havendo a necessidade de verificar toda a possibilidade de corte de desperdícios. A escolha de fornecedores corretos, por exemplo, é um dos fatores principais para a maximização de atividades, isso porque estabelece uma relação de estoques zero ou próximo a zero como defendido no sistema Toyota de produção ou sistema Lean (CUSUMANO, NOBEOKA, 1998).

Logo, podemos avaliar que a definição dos critérios é de suma importância, devido à entidade contratar fornecedores para prestação de serviços. Espera-se que esses exerçam as atividades prezando pela qualidade, responsabilidade e segurança. Um bom relacionamento entre empresas e fornecedores, pode influenciar na produtividade da empresa.

2.3. Fornecedores

Durante os últimos anos, as relações entre fornecedores e compradores sofreram diversas alterações em sua estrutura, passando de uma simples troca de bens, por um relacionamento que envolve diversos fatores. Por exemplo, Ford et al. (2003) afirmam que os relacionamentos baseados em ações colaborativas, parcerias e alianças estratégicas estão se tornando cada vez mais comuns em nosso mercado atual. Essas ações colaborativas, além de firmar a sobrevivência da empresa, a mantém competitiva no mercado e abre a possibilidade de abranger novos mercados. Considerando a competitividade do mercado

atual, a escolha de determinadores fornecedores influencia muitos nos resultados obtidos. Por exemplo, Langendyk (2002), analisa da importância da escolha de fornecedores no processo de aquisição de produtos:

A importância da seleção de fornecedores no processo de compras no contexto competitivo em que as empresas se encontram, faz-se necessário o desenvolvimento de diferenciais para sobrevivência em um mercado em constante mudança. (LANGENDYK, 2002, p. 192).

O processo de escolha dos fornecedores envolve processos complexos, onde diversos critérios devem ser considerados, pois a escolha correta dos fornecedores é relevante para uma produção de boa qualidade e baixo custo (HO, XU, & DEY 2010). Em contraponto, a má escolha de fornecedor pode resultar a insatisfação do cliente, podendo levar a entidade à prejuízos.

Findando essa revisão teórica, apresenta-se a metodologia utilizando-se AHP para desenvolver o presente trabalho.

3. Metodologia

Inicialmente, o primeiro passo foi realizar uma pesquisa exploratória dentro do âmbito da empresa, com aplicação de um questionário sobre quais os principais fatores que resultam na escolha de determinado fornecedor. Posteriormente, com esses atributos já definidos, o objetivo foi avaliar qual o nível de importância – de cada um deles em sistemática par a par – para a tomada de decisões. Em seguida, os dados foram lançados em planilhas eletrônicas, para a aplicação do método AHP (SAATY, 1994), (CIANHINI, 2018). O método, conforme citado anteriormente, realiza uma análise das informações obtidas, interligando-as par a par. Toda e qualquer inconsistência de informação é anunciada pelo próprio software Expert Choice (versão demo), fundamentando a precisão dos resultados apresentados. Logo, a partir dos processos metodológicos descritos, apresentamos os dados referentes à aplicabilidade do método AHP para definição dos fornecedores da empresa estudada.

4. Aplicação de ahp na seleção de fornecedores no setor de manutenções automotivas

Para as empresas, o processo de seleção de seus fornecedores envolve diversas variáveis, como, por exemplo, a qualidade de seus produtos e serviços, a velocidade de entrega, a flexibilidade de negociação, os custos totais de aquisição, etc. Logo, precisa-se de um método capaz de organizar todos os critérios apresentados e, através de análises, relatar quais os atributos mais consideráveis – para aquela empresa e setor – definir seus fornecedores.

Conforme Bertaglia (2006), o processo de seleção de fornecedor não é simples pois a complexidade aumenta em função das características do item ou serviço a ser comprado e da variabilidade das exigências. Portanto, é de suma importância que a escolha seja firmada em métodos consolidados, no caso do presente estudo, o método AHP. Inicialmente, a empresa estudada listou seus principais fornecedores e, a partir destes, definimos três a serem estudados. Todos são fabricantes e revendedores de peças automotivas, situadas na cidade de Santo Ângelo/RS e atendem a maioria das empresas do setor automotivo da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul. Abaixo, podemos observar a denominação do fornecedor e quais atividades eles desempenham:

Quadro 1: Denominação e descrição das atividades exercidas pelos fornecedores em estudo:

Fornecedor	Atividades principais
------------	-----------------------

FORNECEDOR 01	fábrica e revenda de peças automotivas;
FORNECEDOR 02	fábrica e revenda de peças e prestador de serviços;
FORNECEDOR 03	fábrica e revenda de peças automotivas, prestador de serviços.

Fonte: autores.

A partir dos fornecedores definidos, destacamos quais os principais fatores que influenciam a empresa ao escolhê-los, conforme continuidade do estudo.

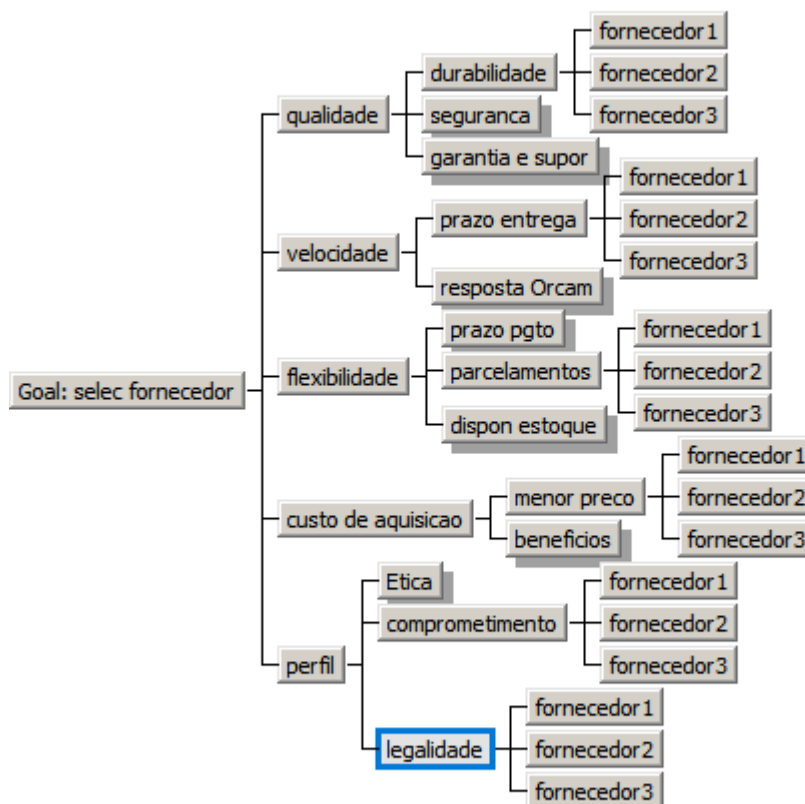
4.1 – Critérios a serem considerados na seleção de fornecedores

As empresas definem critérios, que consideram essenciais e/ou fundamentais, durante o processo de escolha de seus fornecedores. Procuramos estipular fatores que pudessem vir a oferecer uma relação, aqui chamada, de ganha-ganha-ganha. Onde – os três principais envolvidos –, os fornecedores ganhariam por alavancarem suas vendas, embasados no produto bem-sucedido; as entidades ganhariam, ao receberem excelentes produtos para serem vendidos e; por fim, os clientes ganhariam comprando produtos com garantias de qualidade, menor preço, confiabilidade etc.

Conforme citado anteriormente, a empresa utilizava critérios limitados para selecionar seus fornecedores. Logo, o primeiro passo foi, em consenso com os gestores, elencar cinco critérios a serem considerados fundamentais para o processo de escolha e, a partir desses, foram definidos subcritérios que, também, são importantes para a tomada de decisões.

Abaixo, na figura 2, apresenta-se os atributos principais e, em seguida, seus subatributos, em comparação entre os fornecedores avaliados, juntamente com o objetivo principal. Essa figura é uma hierarquização do processo de tomada de decisão multicriterial estruturada com o enfoque AHP.

Figura 2: Ilustração dos critérios principais e subcritérios definidos e comparados entre os fornecedores 1, 2 e 3.



Fonte: Resultados – AHP.

Consideramos que todos os critérios/subcritérios do problema são independentes, como sugere o método aplicado. As definições dos critérios/subcritérios, para o problema em questão, estão apresentadas no Quadro 2, lembrando que os Atributos são teóricos baseados em Lima Junior, Cervi e Carpinetti (2013) mas os subatributos foram coletados de maneira prática na empresa estudada:

Quadro 2 – Definição dos atributos e subatributos.

Atributos e sub atributos	Justificativa
Qualidade I. Durabilidade do produto/serviço; II. Suporte e garantias; III. Segurança.	Foram avaliados, principalmente, os fatores referentes a durabilidade dos produtos e serviços. A qualidade do fornecedor foi considerada o principal fator no processo de seleção de fornecedores, 87,18% (Ho, Xu e Dey, 2010).
Flexibilidade I. Diversidade de estoques; II. Condições de pagamento e prazos diferenciados;	Foram avaliados a diversidade de itens oferecidos em seu portfólio e o quão aberto a negociações o fornecedor é.
Velocidade:	Houve a avaliação do tempo estimado de

I. Prazos de entrega; II. Resposta rápida à orçamentos.	resposta – tanto a orçamentos, quanto a entrega de produtos – do fornecedor aos seus clientes.
Custo de aquisição I. Menor preço; II. Benefícios	Foram avaliadas as tabelas de valores e benefícios, oferecidos à empresa, pelo fornecedor.
Perfil I. Ética; II. Comprometimento; III. Legalidade.	Houve a avaliação da postura ética do fornecedor, seu comprometimento com as atividades e seus processos legais.

Fonte: própria e teórica por Lima Junior, Cervi e Carpinetti (2013)

4.1.1 – Qualidade

A qualidade, por exemplo, pode ser firmada em diversos âmbitos: seja na fabricação de alguma mercadoria, na prestação de algum serviço etc. Estima-se que, também, seja fator fundamental no processo de satisfação dos clientes/empresas/fornecedores, conforme (KOTLER 1998, p. 64): “qualidade é a nossa maior segurança na obtenção da fidelidade do consumidor, nossa defesa mais poderosa contra a concorrência estrangeira, e o único caminho para crescimento e ganho sustentados.”

As três empresas analisadas, são certificadas pela ISO 9001, que tem como objetivo alcançar os resultados esperados e, principalmente, atender às necessidades e expectativas dos clientes.

4.1.1.1 – Durabilidade do produto/serviço

A partir de estudos nos históricos do fornecedor com a empresa, analisamos se haviam registros de produtos e serviços com defeitos e/ou inconsistências. Neste item, procura-se avaliar, além da qualidade, o tempo de vida útil do produto ou serviço. Fator que agrega valor à produtividade da empresa.

4.1.1.2 Suporte e garantias

Avaliamos, neste quesito, os procedimentos de garantia e suporte, partindo da responsabilidade do fornecedor de entregar o produto com total segurança, garantindo que ele se encontre em condições de uso e operabilidade.

Todo e qualquer processo está sujeito a ocorrência de imprevistos, o que, infelizmente, também inclui os serviços de mão de obra realizados. Neste caso, espera-se que os fornecedores prestem serviços de garantias, verificando quais situações geraram tais problema e solucionando-os.

4.1.1.3 Segurança

Considerando que a empresa presta serviços de manutenções automotivas, espera-se que seus fornecedores realizem os serviços com total responsabilidade, prezando pela segurança do veículo e, principalmente, do cliente. Da mesma forma quando consideramos o produto, pois devem ser instalados e testados, garantindo seu correto e total funcionamento.

4.1.2 – Flexibilidade

Um fornecedor flexível, pode ser definido como alguém que se mantém disposto a responder e concordar com mudanças referentes aos seus produtos e afins. As dimensões do quão flexível um fornecedor pode ser, por exemplo, podem ser avaliadas com base na capacidade para alterar o mix de itens encomendados, capacidade de modificação do produto e alteração no volume do pedido etc. As negociações envolvendo prazos de pagamento e valores também devem ser consideradas.

A flexibilidade torna possível a promoção de inovações e métodos para a melhor produtividade e, conseqüentemente, oferece às empresas, além de uma maior diversificação de produtos a serem ofertados aos clientes, opções para que eles se organizem financeiramente.

4.1.2.1 Diversidade de estoques

Foram avaliadas as opções disponíveis no estoque dos fornecedores. Quando a empresa precisa adquirir determinado produto, por exemplo, é importante que tenha vários a serem escolhidos, devido a variação de marcas (se são originais ou paralelos), valores, tempo de entrega, etc. Contabilmente, o estoque representa um custo à entidade, portanto, o que se espera do fornecedor não são, necessariamente, prateleiras cheias. Mas sim, um catálogo vasto de opções e, quando algo for solicitado, que apresente recursos e maneiras de entregar o quanto antes os produtos à empresa.

4.1.2.3. Condições de pagamento: parcelamentos e prazos estendidos

Toda entidade, para que consiga se organizar financeiramente, precisa de flexibilidade por parte de seus credores. São necessários prazos e parcelas, para que a empresa não utilize seu capital de giro e possa quitar suas obrigações a longo prazo.

Neste item, avaliamos como é o relacionamento da empresa com os três fornecedores estudados, no quesito negociações financeiras, com auxílio das informações fornecidas pelos setores de cobrança e financeiro da empresa.

4.1.3. Velocidade

A velocidade parte do conceito de agilidade para a entrega do produto ou serviço necessário para a continuidade das atividades da empresa, sendo um dos principais requisitos avaliados no momento de seleção dos fornecedores pois é algo muito valorizado em momentos de grandes demandas e, portanto, de necessidades.

4.1.3.1 Prazos de entrega

Rotineiramente, os prazos cobrados das prestadoras de serviços são curtos. Os clientes têm a máxima pressa na realização das atividades e liberação de seus veículos. Portanto, o fornecedor de peças e/ou serviços precisa ofertar às empresas os menores prazos de entregas possíveis.

4.1.3.2 Resposta rápida à orçamentos

Outro item de suma importância é a rapidez de resposta, dada pelo fornecer, de orçamentos e pedidos. Muitas vezes o cliente só autoriza o andamento dos serviços após aprovação do orçamento, portanto, espera-se agilidade e responsabilidade por parte dos fornecedores.

4.1.4 – Custo de Aquisição

Visando resultados positivos com as atividades da empresa, os custos totais de aquisição representam fatores importantes na hora de escolher produtos e seus fornecedores.

Os custos abrangem, além do preço pago, as vantagens e benefícios oferecidos pelo fornecedor.

4.1.4.1. Menores preços

Nesse item, foram avaliadas as tabelas de produtos dos três fornecedores analisados. Por mais que a maioria dos itens tenha uma tabela de valor base, existem muitas diferenças nos valores cobrados aos consumidores finais. Portanto, nesse caso, selecionamos o fornecedor que, além de qualidade, tinha o menor custo de aquisição de seus produtos.

4.1.4.2 Benefícios

Houve a avaliação de benefícios oferecidos aos clientes, por exemplo: porcentagens de descontos, devido ao tempo de fidelização, condições especiais, cortesias e brindes. Esse item não representa fator principal no processo de tomada de decisões, mas agrega valores ao relacionamento com o fornecedor.

4.1.5 Perfil

As características de uma empresa, muitas vezes, representam fatores essenciais para um bom relacionamento entre empresa e fornecedor. Comumente analisamos situações onde determinado fornecedor foi selecionado devido a relação de amizade com a empresa. No âmbito da empresa estudada, por exemplo, onde não havia nenhum critério no processo de escolha de fornecedores, o perfil e histórico de negociações era um dos fatores que direcionavam as escolhas.

4.1.5.1 Ética

Espera-se que o fornecedor realize suas atividades com ética, seguindo os preceitos de respeito, legalidade e afins. Consideramos a segurança e sigilo de informações, valores cobrados de forma justa, atendimento às empresas sem distinções, tenha compromisso com as atividades realizadas, reconhecimentos de equívocos etc.

4.1.5.2 Comprometimento

Nesse item, avaliamos o compromisso e responsabilidade do fornecedor com a empresa, desde o atendimento até a entrega do produto e/ou serviços. O cumprimento de prazos de entrega, resposta de orçamentos, suportes e garantias, entre outras, para que tudo ocorra conforme o esperado, é necessário que haja comprometimento por parte do fornecedor.

4.1.5.3 Legalidade

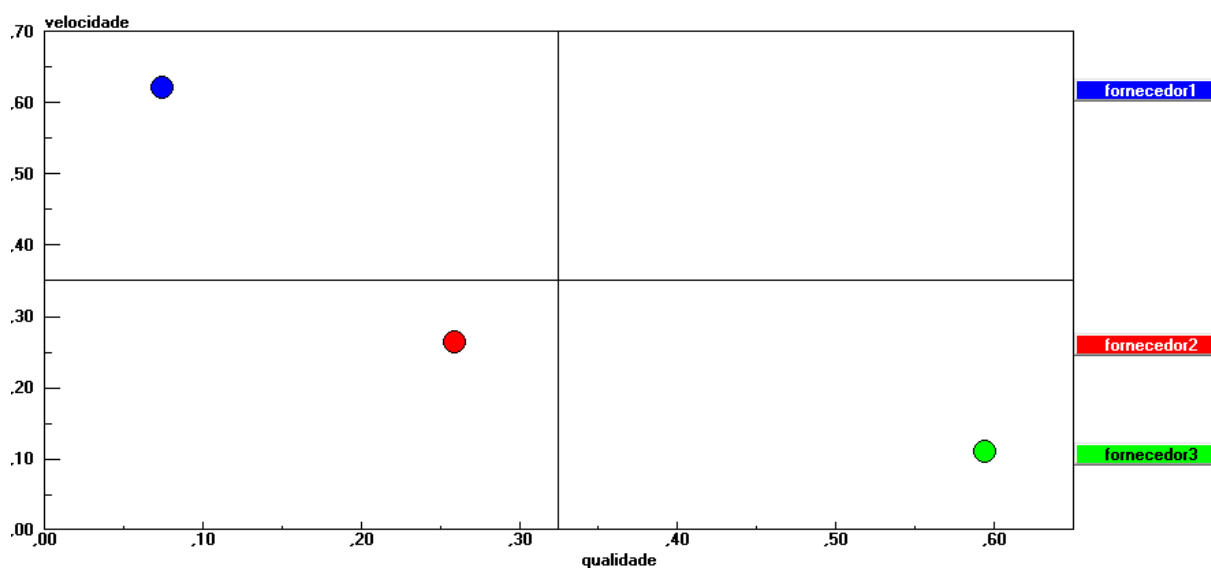
Avaliamos as conformidades dos fornecedores com as normas registradas em lei, por exemplo, o uso de equipamentos de proteção dos funcionários, os horários de trabalhos, fatores relacionados a tributação e legislações fiscais em acordo.

5. Resultados

Os dados foram lançados em planilhas, para a aplicação do método AHP. Conforme citado anteriormente, toda e qualquer inconsistência apresentada foi analisada e corrigida, com o intuito de alcançar resultados mais objetivos e confiáveis. Os resultados obtidos foram analisados, conforme continuidade do estudo.

Na continuidade podemos observar no Gráfico 1, os resultados da comparação entre os três fornecedores, considerando os atributos Velocidade e Qualidade.

Gráfico 1: Resultados da comparação entre os subatributos com relação ao atributo *Velocidade e Qualidade*.



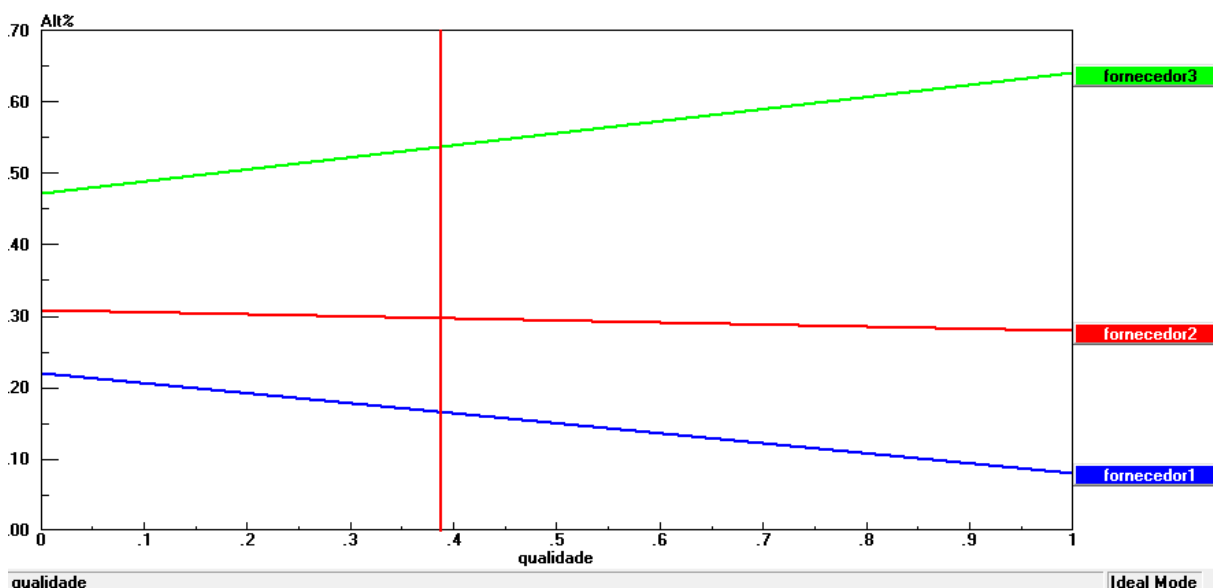
Fonte: Resultados – AHP.

Ao analisarmos os resultados obtidos, podemos observar que o Fornecedor 1 gerou resultados mais satisfatórios que os demais no quesito velocidade, porém, apresentou baixo índice de qualidade em seus produtos e serviços fornecidos. Em avaliação, o Fornecedor 2, apresentou níveis intermediários de destaque em velocidade, porém, considerando a qualidade apresentou baixos índices. Findando a análise, o Fornecedor 3 apresentou índices satisfatórios no quesito qualidade e velocidade, sendo superior aos demais concorrentes. Em consideração aos índices citados, o Fornecedor 3 e mantém superior aos demais, atendendo os critérios definidos pela empresa.

Considerando o atributo qualidade, em comparação entre os três fornecedores estudados, conforme podemos observar no Gráfico 2, o Fornecedor 3 tem resultados superiores aos demais. O Fornecedor 1 apresentou os índices mais baixos de qualidade de produtos/serviços oferecidos à empresa. E, em posição intermediária, o Fornecedor 2, onde apresentou avaliação mediana em sua qualidade ofertada e manteve-se constante.

Portanto, pode-se firmar que, considerando o quesito Qualidade, o Fornecedor 3 seria o escolhido pela empresa, de acordo com seu critério de seleção. Conforme podemos observar no Gráfico 2:

Gráfico 2: Comparação entre os fornecedores, considerando o quesito Qualidade.

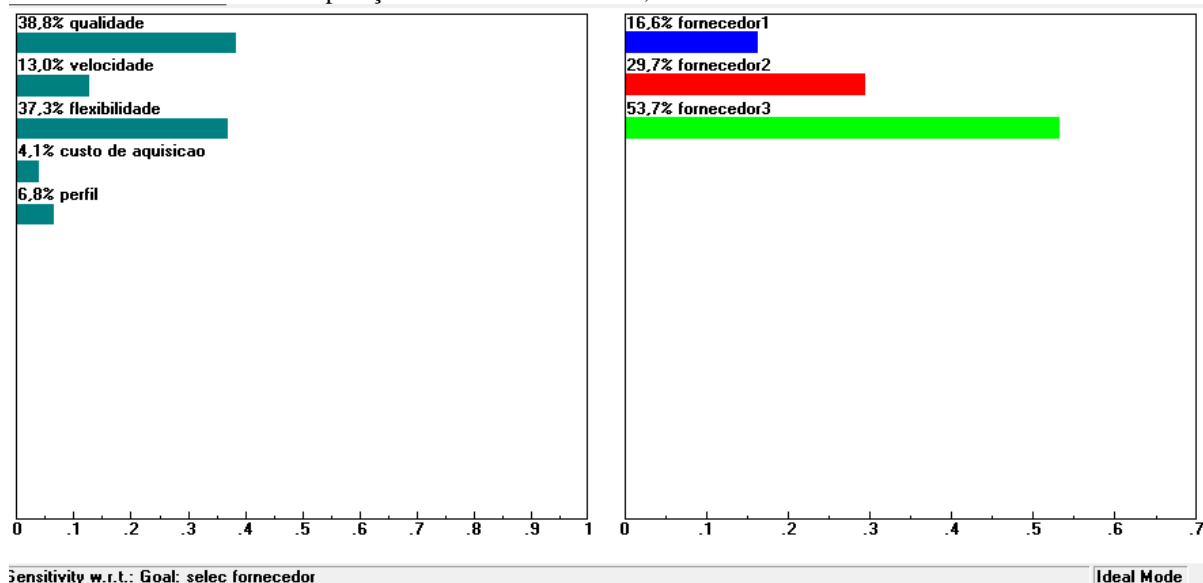


24 e 25 de outubro de 2019

Fonte: Resultados – AHP

Apresentamos na continuidade a comparação geral entre os atributos principais definidos e os três fornecedores escolhidos. Podemos verificar que o Fornecedor 3, se sobrepõe aos demais em todos os critérios escolhidos. Logo, como resultados obtidos – através do Método AHP – com o desenvolvimento do presente estudo, podemos afirmar que de acordo com os critérios: qualidade, velocidade, flexibilidade, custo de aquisição e perfil, dentre os três fornecedores avaliados, o que se enquadra nos critérios da empresa estudada é o Fornecedor 3, atendendo todos os atributos sugeridos pela empresa. Abaixo, podemos observar os resultados da comparação entre os atributos e fornecedores.

Gráfico 3: Resultados da comparação entre os fornecedores, considerando os atributos estudados:

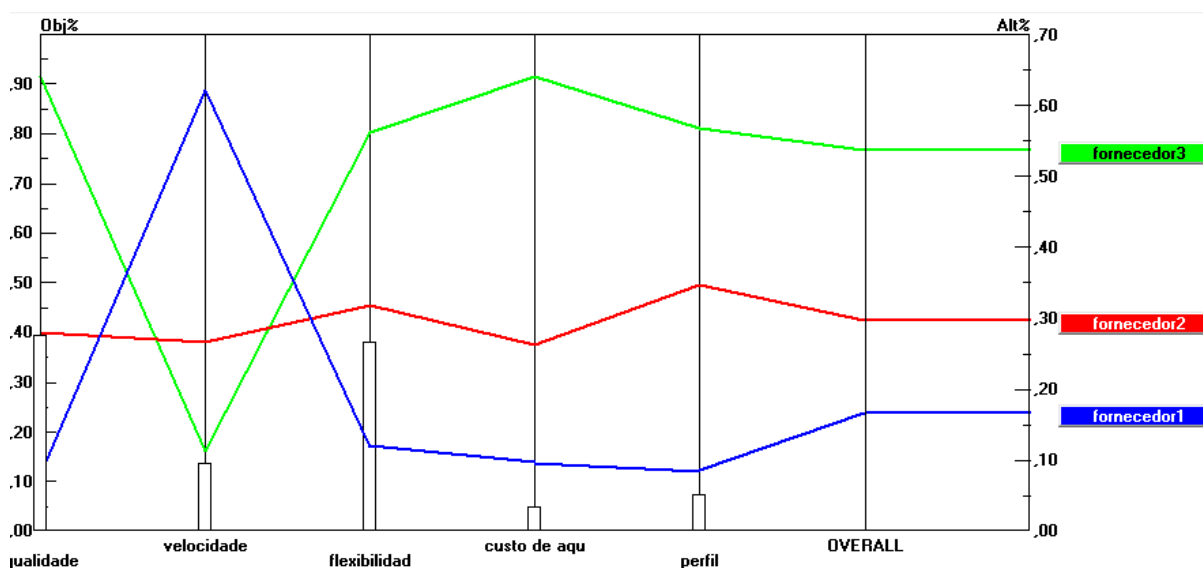


Fonte: Resultados – AHP.

Na continuação, no Gráfico 4, são apresentados o desempenho dos fornecedores com relação a todos os atributos. Conforme resultado do estudo, o Fornecedor 3 tem um desempenho superior aos demais, perdendo apenas no quesito Velocidade.

Gráfico 4: Resultados da comparação entre os fornecedores, considerando os atributos *Qualidade, Velocidade, Flexibilidade, Custo de Aquisição e Perfil*.

Fonte: Resultados - AHP



O estudo, ao ser apresentado aos gestores, possibilitou a análise da relação com o Fornecedor 3 e, também, os resultados positivos referentes aos serviços e peças fornecidos. A aplicação do método possibilitou uma nova modalidade de gestão, onde os critérios serão avaliados, fundamentando a escolha do fornecedor, ao contrário que era feito anteriormente na entidade.

5 Conclusões

Concluimos o presente estudo, enfatizando que a empresa estudada utilizava de maneira limitada, mais intuitiva algum mecanismo para selecionar seus fornecedores. Através do desenvolvimento deste, foi possível estabelecer, junto aos gestores, critérios que fundamentarão esse processo de tomada de decisões. Acreditamos que tais mudança irão favorecer a produtividade da empresa e mantê-la num cenário competitivo.

A partir da aplicação do método AHP, obtivemos os resultados que, entre os três principais fornecedores da empresa, apresenta que o Fornecedor 03, é o que mais se adequa aos critérios estabelecidos. Consideramos as ferramentas e dados obtidos de suma importância, pois irão nortear os gestores nos próximos períodos. Considerando a constante mudança dos cenários de mercados e criação de novas tecnologias, sugerimos que o presente estudo tenha continuidade, pois – como a empresa estudada não utilizava critérios de seleção – seria de considerável importância que a empresa aumentasse seus critérios, o que resultaria em um maior número de fornecedores a sua disposição. Isso vem ao encontro do desenvolvimento de trabalhos futuros que também pode gerar novas aplicações combinando com outras técnicas de trabalho num contexto de incerteza.

Referências

- BERTAGLIA, P. R. *Logística e gerenciamento da cadeia de abastecimento*: São Paulo: Saraiva, 2006.
- CIANHINI A. 3PL provider selection by AHP and TOPSIS methodology. *Benchmarking an International Journal*, 25(1), 2018, pág. 235-252. doi.org/10.1108/BIJ-08-2016-0125
- COSTA, Helder Gomes. Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. Niterói: H.G.C., 2002.
- CUSUMANO M.A.; NOBEOKA K. *Thinking beyond Lean: How Multi-Project Management Is Transforming Product Development at Toyota and Other Companies*. New York: The Free Press. 1998.
- FORD, D. et al. *Managing Business Relationships*. Chichester: Wiley, 2003.
- HO, W., XU, X. & DEY, P. (2010) Abordagens multicritério de tomada de decisão para avaliação e seleção de fornecedores: Uma revisão de literatura. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377221709003403?via%3Dihub>.
- KOTLER, P. *Administração de Marketing*. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1998.
- LANGENDYK, Adriano. *Estratégias de logística em uma empresa do setor automobilístico: o caso da Volkswagen-Audi no período 1996-2001*. Florianópolis, 2002. 192 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Departamento de Qualidade e Produtividade, UFSC.
- LIMA JUNIOR, F. OSIRO, L., & CARPINETTI, L. (2013). Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. *Gestão & Produção*, v. 20, n. 4, p. 781- 801.
- PORTER, M. *On Competition. Updated and Expanded* Ed. Boston: Harvard Business School Publishing, 2008.

IV Congresso Internacional de Gestão Estratégica e Controladoria de Organizações – IV CIGECO

24 e 25 de outubro de 2019

PISSARDINI, P. & SACOMANO, J. A indústria 4.0 como paradigma estratégico da gestão de manufatura e seu alinhamento com o PCP. *Iberoamerican Journal of Project Management (IJoPM)*. www.ijopm.org. ISSN 2346-9161. Vol.10, No.1, A.R.B., pp.01-15. 2019.

SAATY, T. L. Método de análise hierárquica. São Paulo: Makron, 1991. 367p.

SAATY, T. L. (1994) Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the AHP. RWS Publications, Pittsburgh, PA, U.S.A

SCHMIDT, A.M.A. *Processo de apoio à tomada de decisão, abordagens: AHP e MACBETH*. Dissertação (Mestrado), UFSC-Eng. Produção, 1995.

24 e 25 de outubro de 2019

**UTILIZAÇÃO DO MÉTODO *FUZZY* TOPSIS PARA AVALIAÇÃO DE
ALTERNATIVAS DE RECICLAGEM DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**USE OF FUZZY TOPSIS METHOD FOR EVALUATION OF CIVIL
CONSTRUCTION SOLID WASTE ALTERNATIVES**

Deoclécio Júnior Cardoso da Silva, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil
deocleciojunior2009@hotmail.com

Diogo Daniel Görgen Kogler, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das
Missões – Campus Santo Ângelo, RS, Brasil, diogokogler@hotmail.com

Julia Tontini, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil, ju-tontini@hotmail.com

Antonio Vanderlei dos Santos, Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das
Missões – Campus Santo Ângelo, RS, Brasil, vandao@san.uri.br

Julio Cezar Mairesse Siluk, Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil,
jsiluk@gmail.com

RESUMO

Os resíduos gerados pela construção civil podem ser reutilizados na forma de agregado reciclado, sendo empregados em diversas situações. Dessa forma, existem diferentes opções de agregado reciclado que podem ser produzidas. Assim, o presente estudo objetivou utilizar a método *Fuzzy* TOPSIS para determinar a melhor alternativa para a reciclagem dos resíduos de classe “A”. Esta pesquisa foi delimitada como: qualitativa e quantitativa, estudo de caso, documental, exploratória e descritiva, sendo que os dados foram coletados através de entrevistas e observações. A pesquisa foi realizada na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Foram encontradas sete alternativas de agregado reciclado, sendo elas: terra industrial, pó de pedra, grânulo, brita 0, brita 1, brita 2 e rachão. Partindo disso, definiu-se critérios para julgamento das alternativas. Através de entrevistas junto aos gestores das empresas que realizam a reciclagem dos resíduos, julgou-se as alternativas, segundo os critérios definidos. Com a utilização do método *Fuzzy* TOPSIS, obteve-se uma classificação das alternativas, onde a alternativa A4 (Brita 0) obteve a melhor classificação com um peso global de 0,541. Posteriormente realizou-se uma análise de sensibilidade. Os resultados demonstraram que o método foi um forte auxiliar no que tange a tomada de decisão, possibilitando que as partes interessadas possam elaborar diretrizes cada vez mais assertivas, para que venham a contribuir para o desenvolvimento sustentável desta Região.

PALAVRAS-CHAVE: Gestão. RCD. Agregado reciclado. Resíduo classe A.

ABSTRACT

Waste generated by construction can be reused in the form of recycled aggregate, being used in various situations. Thus, there are different recycled aggregate options that can be produced. Thus, the present study aimed to use the *Fuzzy* TOPSIS method to determine the best alternative for recycling class “A” waste. This research was delimited as: qualitative and quantitative, case study, documentary, exploratory and descriptive, and the data were collected through interviews and observations. The research was conducted in the Northwest Region of the State of Rio Grande do Sul. Seven alternatives of recycled aggregate were found: industrial earth, stone dust, granules, gravel 0, gravel 1, gravel 2 and rachão. Based on this, criteria were defined for judging the alternatives. Through interviews with the managers of companies that carry out the recycling of waste, the alternatives were judged according to the defined criteria. Using the *Fuzzy* TOPSIS method, a classification of the alternatives was obtained, where the alternative A4 (Brita 0) obtained the best classification with an overall weight of 0.541. Subsequently, a sensitivity analysis was performed. The results showed that the method was a strong aid in decision making, enabling stakeholders to develop increasingly assertive guidelines to contribute to the sustainable development of this Region.

KEYWORDS: Management. RCD. Recycled aggregate. Waste class A.

1 Introdução

A construção civil sofreu nos últimos anos enorme crescimento, tendo como consequência grande produção de resíduos sólidos, devido a maior parte dos processos

construtivos nacionais serem realizados de maneira manual nos canteiros de obra. Tais resíduos geram a degradação do meio ambiente, além de ocasionar problemas financeiros e prejuízos logísticos (NAGALLI, 2014).

Durante todas as etapas de uma obra da construção civil ocorrem desperdícios de materiais. Tal perda acontece por dois motivos principais: má concepção de projeto ou má execução da obra. Assim, no momento da concepção do projeto, são descritas as quantidades previstas a serem utilizadas, porém, após a execução do mesmo, é muito comum que os valores inicialmente previstos sejam extravasados (LIMA; LIMA, 2009).

A geração dos resíduos da construção civil (RCD) implica em diversos fatores, podendo ser de caráter ambiental, econômico e social. Assim, em 2002 o CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) lançou sua resolução nº 307, a fim de buscar dar uma melhor destinação possível ao RCD gerado em nosso país (PINTO; GONZÁLES, 2005).

A resolução nº 307 de 2002 do CONAMA, classifica os resíduos produzidos nos canteiros de obras conforme as suas características. Assim, tais dejetos se dividem entre as classes A, B, C e D (CONAMA, 2002).

Segundo a resolução nº 307 do CONAMA, os resíduos de classe A são aqueles que podem ser reutilizados ou reciclados (CONAMA, 2002). Assim, os mesmos podem servir como matéria prima barata, evitar o consumo de novos materiais provindos da natureza, além disso, esses resíduos deixam de ocupar espaço em aterros ou áreas de bota fora, e deixando também de ser uma possível fonte de doenças e contaminações (KARPINSK, 2009).

Após passarem por um processo de triagem, os resíduos de classe A podem ser transformados em agregado reciclado. Tais agregados podem ter diversas utilidades, sendo que, por possuírem baixa resistência, os mesmos não podem exercer função estrutural (PINTO; GONZÁLES, 2005).

Tendo em vista a necessidade de se entender qual a melhor alternativa de reciclagem dos resíduos de classe A da Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul a presente pesquisa buscou inicialmente conhecer quais as alternativas de destinação para esses dejetos no município. Tomando posse dos dados encontrados na cidade, determinou-se quais as melhores alternativas de reciclagem dos resíduos de classe A gerados no município em questão, através de um modelo multicritério difuso, sendo ele, *Fuzzy TOPSIS*.

Levando em consideração o total de resíduos sólidos produzidos atualmente, percebe-se que os mesmos são uma das maiores fontes geradoras de dejetos, podendo se tornar fonte de problemas e consequentemente afetando a sociedade de maneira econômica, ambiental e social. Diante ao volume de resíduos de classe A gerados nas cidades brasileiras torna-se de suma importância sua reciclagem. Esse processo garante a substituição da matéria prima natural por matéria prima reciclada, propiciando a diminuição dos custos e das áreas destinadas a esses resíduos, além de causar ganhos ambientais e deixar as cidades com uma aparência mais limpa e agradável.

Assim, o problema da presente pesquisa é: Qual a melhor alternativa de reciclagem dos resíduos de classe A da Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul? Para ser possível responder esse questionamento, o objetivo do presente estudo é utilizar a metodologia *Fuzzy TOPSIS* para determinar a melhor alternativa para a destinação dos resíduos de classe “A” da construção civil na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Dessa forma o presente estudo está dividido da seguinte maneira, o primeiro tópico apresenta-se a introdução, seguido pelo referencial teórico, metodologia, análise e discussão dos resultados e considerações finais.

2 Referencial teórico

2.1 Resíduos sólidos urbanos

Em 2010 entrou em vigor a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS). Ela define que a gestão dos Resíduos de construção e demolição (RCD) deve ocorrer de acordo com as regulamentações do SISNAMA (Sistema Nacional de Meio Ambiente), no mesmo estão inclusas as resoluções do CONAMA. Assim, os resíduos da construção civil devem ter uma destinação específica diferente dos resíduos produzidos pela indústria em geral (SINDUSCON, 2015).

Embora não exista um estudo detalhado sobre a quantidade de dejetos provenientes da construção civil em nosso país, bem como que esse número varia de cidade para cidade, sabe-se que os mesmos constituem um significativo percentual em relação ao total de resíduos gerados nas áreas urbanas (CONAMA, 2002). Assim, levando em conta o grande volume de RCD produzido, torna-se de grande importância a correta destinação do mesmo.

No Brasil, devido ao grande crescimento das áreas urbanas e ao grande crescimento do setor da construção civil no século XXI, cerca de 70% dos resíduos produzidos nas obras nacionais tem origem de reformas e autoconstrução (SINDUSCON, 2015). Pensando na melhor destinação dos RCDs, foi instituída a resolução do CONAMA (conselho nacional de meio ambiente) n° 307/2002 (CONAMA, 2002), alterada pela resolução do CONAMA n° 348/2004 (BRASIL, 2004) que regulamenta as diretrizes para a destinação correta e adequada das sobras da construção civil no Brasil, instituindo assim, responsabilidades e deveres, e tornando obrigatória a criação de um plano integrado de gerenciamento dos resíduos da construção civil.

Dentro das responsabilidades atribuídas pelas normas vigentes pode-se afirmar que: cada município deve definir uma política municipal para o RCD, nessa política devem conter pontos de coleta. Para cada empreendimento realizado pelos construtores é necessário um plano de gerenciamento de RCD (SINDUSCON, 2015).

Segundo a resolução 307/2002 do CONAMA, a correta destinação do RCD deve ser de responsabilidade do gerador do mesmo (CONAMA, 2002). Assim, nas cidades brasileiras existem diversas empresas especializadas na correta destinação desses resíduos, as mesmas são contratadas pelos geradores a fim de darem o destino final de acordo com a legislação vigente no município em que atuam (TESSARO; DE SÁ; SCREMIN, 2012). Os geradores dos resíduos da construção civil podem ser pessoas físicas ou jurídicas, privadas ou públicas que trabalhem com atividades geradoras de RCD (CONAMA, 2002).

2.2 Reciclagem e reutilização

A resolução n° 307/2002 do CONAMA define reutilização como o processo de reaplicação do resíduo, sem que haja a transformação do mesmo. Ainda de acordo com essa resolução, o processo de reciclagem é feito através do reaproveitamento do material, após ter sofrido transformação. Assim, a reciclagem se diferencia de reutilização justamente pelo fato da primeira não transformar o material enquanto que na segunda o material precisa sofrer alterações para que possa ser utilizado.

A destinação a ser dada ao RCD deve priorizar a reciclagem e a reutilização, gerando renda ao responsável por esse processo, e deixando de ocupar matéria prima extraída da natureza. Em último caso, o material deve ser encaminhado a um aterro destinado ao recebimento dos restos da construção civil, indicado na resolução n° 307 do CONAMA (PINTO; GONZÁLES, 2005). A reciclagem proporciona a redução de volumes descartados, assim, quando se opta pela reciclagem, se faz a aquisição de matéria prima natural, isso gera ganhos econômicos, sociais e ambientais (DE OLIVEIRA NETO et al., 2015; PASCHOALIN FILHO et al., 2015).

Ao levar em conta as normas e pesquisas já realizadas sobre a reciclagem do RCD, chega-se à conclusão de que a reciclagem do mesmo é uma alternativa muito interessante podendo garantir a aplicação desse processo de maneira confiável e de qualidade (MOTA, 2005). Segundo Amorim et al. (1999) o processo de reciclagem do RCD se inicia com a recepção e separação manual do mesmo, assim o material reciclável é separado dos rejeitos, posteriormente esses resíduos são encaminhados para a reciclagem, na sequência é verificada a composição do material e o seu grau de contaminação. Após isso é realizada uma triagem, sendo que o resíduo aceito é classificado como de classe A.

A triagem do RCD pode ocorrer previamente ao recebimento dos resíduos, na fonte geradora, em aterros de RCD e resíduos inertes, em áreas de transbordo e triagem, ou na própria área de reciclagem. Após a triagem o RCD pode ser encaminhado para a sua reciclagem, porém, só devem ser aceitos para reciclagem os resíduos de classe A (ABNT NBR 15113:2004).

Agregado reciclado segundo a resolução nº 307 do CONAMA de 2002 é o material de forma granular obtido através do beneficiamento de resíduos de construção cujas características técnicas são propícias para aplicação em obras de edificação, infraestrutura, aterros sanitários ou outras obras de engenharia.

Na área para reciclagem do RCD de classe “A” devem ocorrer os processos de trituração e peneiração dos resíduos de concreto, alvenaria, argamassas e outros, gerando-se a partir desses resíduos os agregados reciclados (PINTO; GONZÁLES, 2005). São diversos os materiais gerados pela reciclagem de resíduos classe A, assim, alguns desses agregados são: bica corrida, areia reciclada média, brita 0, brita 1, brita 2, rachão (FILHO, 2015).

2.3 Lógica *Fuzzy*

A lógica *Fuzzy* foi inicialmente introduzida em 1930, utilizando-se inicialmente de termos linguísticos, para indicar determinados valores em números *Fuzzy*, assim, inicialmente se propunha a utilização de intervalos de $[0,1]$, isso indicaria a possibilidade de uma declaração ser verdadeira ou falsa. Em 1937 Max Black definiu o primeiro conjunto *Fuzzy* propondo a ideia de que continuidade descrevia graus. Posteriormente em 1965, Lofti Zadeh com a publicação do artigo *Fuzzy Sets* que ficou conhecido como a origem da lógica *Fuzzy* redescobriu a ideia de fuzzyficação. Por sua exploração e luta por esse conceito Zadeh é conhecido até hoje como o “mestre” da lógica *Fuzzy* (MARRO et al., 2010).

A lógica *Fuzzy* difere-se da lógica convencional, pois na lógica convencional um elemento pertence ou não a um determinado grupo, já na lógica *Fuzzy* o elemento possui graus de pertinência que são definidos por uma função de pertinência, esses graus variam de 0 a 1, assim, esses graus definem o pertencimento do elemento ao grupo (ZADEH, 1965). Na lógica *Fuzzy* um elemento pode pertencer parcialmente a uma classe e pertencer a mais de uma classe simultaneamente (LIMA JUNIOR, 2013). Contudo, para que isso possa acontecer é necessário que seja definido um grau de pertinência, esse valor varia conforme a representatividade do elemento dentro do conjunto na qual está inserido (MARRO, 2010).

2.3.1 *Fuzzy TOPSIS*

O método *TOPSIS* foi inicialmente proposto por Hwang e Yoon (1981). A primeira combinação entre o método *TOPSIS* e a teoria dos conjuntos *FUZZY* foi proposta por Chen (2000), essa combinação que ficou conhecida como *Fuzzy TOPSIS* e visava adequar o método *TOPSIS* para tomada de decisão em cenários de incerteza, pois esse método era incapaz de lidar com decisões sob incerteza (LIMA JUNIOR, 2013).

O princípio *TOPSIS*, segundo Amaro e Lima (2015), consiste em escolher a alternativa que estiver o mais próximo possível da solução ideal positiva, e ao mesmo tempo o mais distante possível da solução ideal negativa. Assim, a solução ideal é a alternativa que alcançou os melhores valores após passar por avaliação em relação a cada um dos critérios de decisão adotados, enquanto isso, a solução ideal negativa é composta de forma similar, porém tomando-se os piores valores.

Segundo Amaro e Lima (2015) O método *Fuzzy TOPSIS* apresenta diversas vantagens de uso se comparado a outras técnicas existentes, uma de suas grandes qualidades é possibilitar a avaliação ilimitada de alternativas, com ilimitados critérios para a avaliação das mesmas. Segundo Bilişik et al. (2013), as respostas dadas pelo tomador de decisão são dadas em variáveis linguísticas, que posteriormente serão convertidas em números difusos, para que dessa maneira possam ser utilizadas no cálculo. Para realizar esta conversão são utilizadas escalas de conversão (AWASTHI et al., 2011).

3 MÉTODO

3.1 Delimitação da pesquisa

Utilizou-se de pesquisa documental, utilizando-se de documentos disponíveis atualmente na área da pesquisa, sendo pesquisado como os documentos do município tratam a reciclagem dos resíduos de classe A. Esses resíduos podem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregado, como os tijolos e pisos cerâmicos, restos de concreto e argamassa e placas de revestimento.

Para saber qual a atual destinação dada ao RCD Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, foi realizada uma pesquisa exploratória. Segundo Gil (2008), a pesquisa exploratória desenvolve, esclarece e modifica conceitos e ideias, tendo o objetivo de proporcionar uma visão geral e aproximada do fato. Além disso, esta pesquisa é classificada como descritiva, pois visa descrever a atual destinação dos resíduos de classe A na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

Devido aos métodos utilizados, a pesquisa possui abordagem qualitativa e quantitativa. A pesquisa classifica-se também como de estudo de caso pois se buscou-se conhecer como está a situação dos resíduos classe de A na Região e como os órgãos responsáveis lidam com essa situação.

3.2 Técnica de coleta de dados

Elaborou-se um questionário elencando as possíveis alternativas para a reciclagem dos resíduos de classe A. Esse questionário foi respondido por dois profissionais da área. Nesse questionário os profissionais definiram um peso para cada critério e posteriormente julgaram as alternativas para cada um dos critérios, esse julgamento foi através de variáveis linguísticas.

Realizou-se uma entrevista com o profissional responsável pelos resíduos sólidos da construção civil da SEMA (Secretaria Estadual do Meio Ambiente) na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, a fim de descobrir qual a atual situação dos resíduos classe A. Posteriormente, foi realizada a visita a essas empresas constatando se as mesmas realizam o processo de reciclagem dos resíduos de classe A, ou até mesmo se realizam apenas o processo de triagem dos resíduos e terceirizam a reciclagem dos resíduos de classe A para outra empresa especializada.

Para que a coleta de dados nos órgãos acima citados pudesse ocorrer com qualidade e de forma ordenada, foi desenvolvido um questionário específico para cada um dos órgãos pesquisados. Após estas etapas, os dados foram analisados.

3.3 Técnica de análise de dados

A técnica de análise de dados foi feita através do *Fuzzy TOPSIS* (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*). Segundo Awasthi et al. (2011) o *Fuzzy TOPSIS* é uma ferramenta de tomada de decisão com multicritérios, cujo processo de aplicação é basicamente o seguinte: se definem quais as alternativas que se deseja realizar a análise, posteriormente se traçam critérios para a avaliação dessas alternativas, adotando-se pesos específicos para cada um desses critérios. Gera-se um formulário para coleta de dados, o formulário é respondido, e estas respostas são em valores linguísticos. As classificações linguísticas são combinadas através de *TOPSIS* distorcido para gerar uma pontuação total para cada alternativa, e finalmente a alternativa de maior valor é julgada como a melhor. Todos os passos do processo *Fuzzy TOPSIS* com as respectivas fórmulas encontram-se descritos a seguir (CHEN, 2000; AWASTHI et al., 2011):

Os julgamentos dos K especialistas deverão ser agregados quanto ao peso de cada um dos critérios de decisão utilizando-se a equação a seguir:

Na primeira etapa, os critérios e alternativas recebem uma nota, é o que está representado na equação 1. Irão existir J possíveis alternativas que serão chamadas, $A = \{A_1, A_2, A_j\}$ as mesmas devem ser avaliadas em m critérios $C = \{C_1, C_2, C_m\}$. Cada critério tem um peso estipulado por w_i ($i = 1, 2, \dots, m$). Para cada uma das alternativas A_j ($j = 1, 2, \dots, m$) são classificados os desempenhos de cada decisão D_k ($k = 1, 2, \dots, K$) respeitando os critérios C_i ($i = 1, 2, \dots, m$) que serão calculados pela equação 6 e 7.

Na sequência deve-se calcular a matriz de decisão difusa, essa matriz para as alternativas \tilde{D} e os critérios \tilde{W} é calculado da forma a seguir:

$$\tilde{D} = \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ A_3 \\ A_4 \end{matrix} \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{x}_{31} & \tilde{x}_{32} & \dots & \tilde{x}_{3n} \end{bmatrix}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n) \quad (2)$$

Na etapa 4 a matriz de decisão difusa é normalizada. Para normalizar os dados brutos é feita a transformação de escala linear para aumentar as escalas de critérios em uma escala. A matriz de decisão *fuzzy* normalizada \tilde{R} é dada por:

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Onde:

$$\tilde{R}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right) \text{ e } c_j^* = \max c_{ij} \text{ (critério de benefício)} \quad (4)$$

$$\tilde{R}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right) \text{ e } c_j^- = \min a_{ij} \text{ (critério de custo)} \quad (5)$$

A quinta etapa é calcular a matriz ponderada normalizada. Os critérios \tilde{V} da matriz normalizada ponderada são calculados multiplicando os pesos \tilde{W}_j dos critérios de avaliação com a matriz de decisão fuzzy normalizada \tilde{R}_{Ij} .

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad (6)$$

$$j = 1, 2, \dots, n \text{ Onde: } \tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} (\cdot) \tilde{w}_j$$

Calcule a solução ideal fuzzy (FPIS) e difusa solução ideal negativa (FNIS) O FPIS e o FNIS das alternativas são calculados da maneira a seguir:

$$A^* = (v_1^*, v_2^*, \dots, v_n^*) \text{ Onde } \tilde{v}_j^* = \max \{v_{ij^*}\}, \quad (7)$$

$$i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \text{ Onde } \tilde{v}_j^- = \min \{v_{ij^-}\}, \quad (8)$$

$$i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Calcule a distância de cada alternativa do FPIS e FNIS. A distância (d_i^*, d_i^-) de cada alternativa ponderada $i = 1, 2, \dots, m$ do FPIS e do FNIS é obtida da seguinte maneira:

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}^-, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d_v(\tilde{v}_{ij}^-, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

Onde: $d_v(\tilde{a}, \tilde{b})$ é a distância entre dois números difusos \tilde{a} e \tilde{b} e $(\tilde{a}, \tilde{b}) =$

$$\sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (11)$$

Calcule o coeficiente de proximidade (cc_i) de cada alternativa. Esse coeficiente representa as distâncias para o Solução ideal positiva difusa (A^*) e a solução ideal negativa difusa (A^-) simultaneamente. O calculo do coeficiente de proximidade para cada alternativa é feito da seguinte maneira:

$$cc_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-}, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (12)$$

Após finalizado o processo de abordagem *Fuzzy TOPSIS* finalmente se chegará em um ranking, o valor do coeficiente de aproximação é definido entre 0 e 1. Assim, quanto mais próximo de 1 for o valor alcançado pela alternativa, melhor é o desempenho global da

mesma, do mesmo modo, quanto mais próximo de 0 pior é o desempenho global da alternativa.

4 Análise e discussão dos resultados

Na presente etapa é evidenciado os resultados, demonstrando na prática o que fora defendido na fundamentação teórica. Utilizando as informações levantadas com a aplicação dos questionários, foi possível desenvolver informações relevantes para que o estudo fosse efetuado da maneira mais assertiva possível.

Diante a isso, os próximos tópicos elucidam os resultados levantados com as entrevistas, sendo evidenciado os órgãos competentes pela gestão de resíduos do município, bem como a legislação vigente, que trata do assunto abordado. Ainda, é demonstrado a quantidade de empresas que fazem o recolhimento e tratamento dos resíduos, bem como o volume de resíduos recolhidos pelas mesmas. Posteriormente, é informado as empresas encontradas na região, que realizam a reciclagem dos resíduos, visto que no município não foi encontrado. Concomitante a isso, são demonstrados os agregados reciclados gerados pelas empresas. Por fim, são analisados e demonstrados diante as diretrizes do método *Fuzzy TOPSIS*, a melhor alternativa para o município de acordo com as notas evidenciadas pelo tomador de decisão.

4.1 Alternativas de agregados reciclados

No presente tópico, são evidenciadas as empresas encontradas na região que efetuam a reciclagem e reutilização dos resíduos classe A, demonstrando informações que auxiliaram na avaliação da melhor alternativa na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Afirma-se, que foi a partir de seus produtos gerados, que se definiu as alternativas para serem analisadas, demonstrando o potencial existente na Região, para implementação de uma empresa que transforme os resíduos em agregados reciclados. Nesse ímpeto, o Quadro 1, evidencia as alternativas de agregado reciclado para região

Agregado	Granulometria	Utilidades
Rachão	Acima de 48 mm	Obras de pavimentação, drenagens e terraplenagem.
Brita 2	19 mm a 38 mm	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.
Brita 1	9,5 mm a 19 mm	Fabricação de concretos não estruturais e obras de drenagens.
Brita 0 (pedrisco)	4,6 mm a 9,3 mm	Fabricação de artefatos de concreto, como blocos de vedação, pisos intertravados, manilhas de esgoto.
Granilho	Não determinada	Fundação da obra e reboco
Pó de pedra	<4,6 mm	Contra piso, calçadas e rebocos
Terra industrial	Não determinada	Aterro topográfico

QUADRO 1 – Opções de agregado reciclado encontradas na região. Fonte: Dados da pesquisa.

4.2 Aplicação do método *Fuzzy TOPSIS*

Avaliou-se através do método *Fuzzy TOPSIS* qual alternativa é a mais indicada para se produzir na região. O tomador de decisão foi um engenheiro com experiência na área, e os resultados são descritos em seguida.

4.2.1 Critérios para julgamento das alternativas

Após o estudo sobre agregados reciclados e de possíveis alternativas que poderiam fazer diferença na escolha da melhor opção a se produzir, foram escolhidos os critérios mais relevantes para a seleção da melhor opção de agregado reciclado a se produzir. Os critérios foram elaborados com base em Awasthi, Chauhan e Goyal (2010).

IV Congresso Internacional de Gestão Estratégica e Controladoria de Organizações – IV CIGECO

24 e 25 de outubro de 2019

Os critérios escolhidos foram os seguintes: custo de produção, armazenagem, qualidade, tempo de produção, diversidade de utilização, transporte e preço de venda, a seguir temos uma descrição de cada um deles e porque cada um foi escolhido. Sendo evidenciados no Quadro 2.

Critério	Definição	Autor
CR1 - Custo de produção	Uma correta gestão dos custos de produção é essencial para melhorar o desempenho (rentabilidade) e a competitividade da organização.	HAROUN, 2015
CR2 - Armazenagem	Um correto armazenamento do material pode trazer inúmeros benefícios, como maior custo benefício e maior rapidez no trabalho. Desta forma, saber as facilidades e dificuldades encontradas no armazenamento de cada agregado é de grande importância na hora de definir qual a melhor opção de agregado a se produzir.	SIDORKO; LEE 2014
CR3 - Qualidade	O próprio cliente elege a qualidade do produto por ele utilizado, contudo, a qualidade dos serviços é de suma importância para que esse produto seja confeccionado de maneira que agrade ao cliente, para que isso aconteça são necessários regras, procedimentos, manuais, avisos e eventos de treinamento.	TOWN; HALL; WILSON 2015
CR4 – Tempo de produção	O tempo de produção influencia diretamente no custo de produção. Assim, agregados com tempo de produção menor além de diminuir o tempo gasto podem oferecer também custos reduzidos, aumentando os lucros da empresa.	DURGUN; ERTAN, 2014
CR5 - Diversidade e de utilização	A diversidade de uso de um bem contribui para melhorar a sua visibilidade de mercado.	GUERRA et al., 2018
CR6 - Transporte	O tempo gasto com o transporte do material tem grande importância, assim, quanto maior o tempo de transporte, maiores os custos com o mesmo, quanto menor o peso do material a ser transportado, menor é o custo com o transporte do mesmo	FEDELI et al., 2013
CR7 – Preço de venda	O preço de venda é grandemente influenciado pela demanda, além disso, muitos clientes não dispõem de muito dinheiro para investir ou desejam pagar um valor baixo pelo produto, o que obriga as empresas a trabalharem com o menor preço de venda possível.	KONUJ, 2015

QUADRO 2 – Critérios para avaliação das alternativas. Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2.2 Procedimento de cálculo

Empregaram-se escalas linguísticas para avaliar as alternativas de agregados reciclados e o peso dos critérios. Após isso, utilizou-se números Fuzzy triangulares. A tabela 1 mostra a escala linguística utilizada no julgamento de cada critério:

TABELA 1 – Escalas linguística para avaliação dos critérios e alternativas

Valores linguísticos para critérios		Números Fuzzy			Valores linguísticos para alternativas		Números Fuzzy		
Abreviação	Termo Linguístico	L	M	H	Abreviação	Termo Linguístico	L	M	H
SI	Sem importância	1	1	3	MR	Muito Ruim	1	1	3
PI	Pouca importância	1	3	5	R	Ruim	1	3	5
MI	Média importância	3	5	7	B	Bom	3	5	7
I	Importante	5	7	9	MB	Muito Bom	5	7	9
AI	Alta importância	7	9	9	O	Ótimo	7	9	9

Fonte: Elaborado pelos autores.

A tabela 2 evidencia os pesos dados pelo tomador de decisão a cada um dos critérios.

TABELA 2 – Avaliação dos critérios pelo tomador de decisão

CR1	CR2	CR3	CR4	CR5	CR6	CR7
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

IV Congresso Internacional de Gestão Estratégica e Controladoria de Organizações – IV CIGECO

24 e 25 de outubro de 2019

AI	I	MI	I	AI	I	MI
----	---	----	---	----	---	----

Fonte: Dados da pesquisa.

A Tabela 3 mostra a avaliação linguística do tomador de decisão, analisando cada alternativa em relação a cada um dos critérios.

TABELA 3 – Matriz de avaliação linguística dos agregados em relação aos critérios

	Avaliação Escala Linguística						
	Custo de produção	Preço de venda	Tempo de produção	Diversidade de utilização	Qualidade	Armazenagem	Transporte
Terra industrial	R	R	B	B	B	MB	MB
Pó de pedra	R	B	B	MB	MB	MB	MB
Granilho	R	B	B	MB	B	MB	MB
Brita 0	R	O	B	O	MB	MB	MB
Brita 1	R	B	B	O	B	MB	MB
Brita 2	R	MB	B	MB	MB	MB	MB
Rachão	R	B	B	B	B	MB	MB

Fonte: Dados da pesquisa.

Os valores da Tabela 3 foram transformados em números *Fuzzy* triangulares, conforme evidenciado na Tabela 4, onde as variáveis linguísticas passaram a assumir os valores correspondentes as mesmas. A seguir temos a matriz de decisão com os números *Fuzzy*:

TABELA 4 – Matriz de decisão números *Fuzzy*

	Custo de produção	Preço de venda	Tempo de produção	Diversidade de utilização	Qualidade	Armazenagem	Transporte
Terra industrial	(1,3,5)	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)
Pó de pedra	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)
Granilho	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(3,5,9)	(5,7,9)	(5,7,9)
Brita 0	(1,3,5)	(7,9,9)	(3,5,7)	(7,9,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)
Brita 1	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(7,9,9)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)
Brita 2	(1,3,5)	(5,7,9)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)	(5,7,9)
Rachão	(1,3,5)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(3,5,7)	(5,7,9)	(5,7,9)

Fonte: Dados da pesquisa.

Através dos procedimentos de cálculo obteve-se os dados da Tabela 4, para assim mostrar o desempenho dos agregados reciclados. Através das equações 8, 9 (critério de benefício) e 10 (critério de custo) chegou-se à matriz normalizada demonstrada na Tabela 5.

Pensando que os critérios de custo de produção e preço de venda são considerados melhores quando oferecem valores menores os mesmos foram normalizados como critério de custo, enquanto os outros critérios foram normalizados como critério de benefício.

IV Congresso Internacional de Gestão Estratégica e Controladoria de Organizações – IV CIGECO

24 e 25 de outubro de 2019

TABELA 5 – Matriz normalizada

	Custo de produção	Preço de venda	Tempo de produção	Diversidade de utilização	Qualidade	Armazenagem	Transporte
Terra industrial	(0,2;0,33;1)	(0,11;0,33;0,56)	(0,43;0,6;1)	(0,33;0,56;0,78)	(0,33;0,56;0,78)	(0,56;0,78;1)	(0,56;0,78;1)
Pó de pedra	(0,2;0,33;1)	(0,33;0,56;0,78)	(0,43;0,6;1)	(0,78;1;0,56)	(0,56;0,78;1)	(0,56;0,78;1)	(0,56;0,78;1)
Granilho	(0,2;0,33;1)	(0,33;0,56;0,78)	(0,43;0,6;1)	(0,78;1;0,33)	(0,33;0,56;0,78)	(0,56;0,78;1)	(0,56;0,78;1)
Brita 0	(0,2;0,33;1)	(0,78;1;1)	(0,43;0,6;1)	(1;1;0,56)	(0,56;0,78;1)	(0,56;0,78;1)	(0,56;0,78;1)
Brita 1	(0,2;0,33;1)	(0,33;0,56;0,78)	(0,43;0,6;1)	(1;0,33;0,56)	(0,33;0,56;0,78)	(0,56;0,78;1)	(0,56;0,78;1)
Brita 2	(0,2;0,33;1)	(0,56;0,58;1)	(0,43;0,6;1)	(1;0,56;0,78)	(0,56;0,78;1)	(0,56;0,78;1)	(0,56;0,78;1)
Rachão	(0,2;0,33;1)	(0,33;0,56;0,78)	(0,43;0,6;1)	(0,78;0,33;0,56)	(0,33;0,56;0,78)	(0,56;0,78;1)	(0,56;0,78;1)

Fonte: Dados da pesquisa.

Utilizando-se da equação 11 elaborou-se a matriz ponderada, sendo que os valores obtidos se encontram evidenciados na Tabela 6.

TABELA 6 – Matriz ponderada

	Custo de produção	Preço de venda	Tempo de produção	Diversidade de utilização	Qualidade	Armazenagem	Transporte
Terra industrial	(1,4;3,9)	(0,56;2,33;5)	(1,29;3;7)	(1,67;3,89;7)	(2,33;5;7)	(2,78;5,44;9)	(1,67;3,89;7)
Pó de pedra	(1,4;3,9)	(1,67;3,89;7)	(1,29;3;7)	(2,78;5,44;9)	(3,89;7;9)	(2,78;5,44;9)	(1,67;3,89;7)
Granilho	(1,4;3,9)	(1,67;3,89;7)	(1,29;3;7)	(2,78;5,44;9)	(2,33;5;7)	(2,78;5,44;9)	(1,67;3,89;7)
Brita 0	(1,4;3,9)	(3,89;7;9)	(1,29;3;7)	(1,29;3;7)	(3,89;7;9)	(2,78;5,44;9)	(1,67;3,89;7)
Brita 1	(1,4;3,9)	(1,67;3,89;7)	(1,29;3;7)	(1,29;3;7)	(2,33;5;7)	(2,78;5,44;9)	(1,67;3,89;7)
Brita 2	(1,4;3,9)	(2,78;5,44;9)	(1,29;3;7)	(2,78;5,44;9)	(3,89;7;9)	(2,78;5,44;9)	(1,67;3,89;7)
Rachão	(1,4;3,9)	(1,67;3,89;7)	(1,29;3;7)	(1,67;3,89;7)	(2,33;5;7)	(2,78;5,44;9)	(1,67;3,89;7)

Fonte: Dados da pesquisa.

Foram utilizadas as equações 12 e 13 para definir as soluções ideais positiva e negativa respectivamente. Contudo, através das equações 14 e 15 obteve-se os dados das Tabelas 7 e 8.

TABELA 7 – Distância entre o desempenho dos agregados e a solução ideal positiva

	Desempenho positivo (D+)							D+
	Custo de produção	Preço de venda	Tempo de produção	Diversidade de utilização	Qualidade	Armazenagem	Transporte	
Terra industrial	5,59	6,627	5,759	5,288	4,635	4,137	5,288	37,324
Pó de pedra	5,59	5,288	5,759	4,137	3,169	4,137	5,288	33,369
Granilho	5,59	5,288	5,759	4,137	4,635	4,137	5,288	34,835
Brita 0	5,59	3,169	5,759	3,169	3,169	4,137	5,288	30,281
Brita 1	5,59	5,288	5,759	3,169	4,635	4,137	5,288	33,866
Brita 2	5,59	4,137	5,759	4,137	3,169	4,137	5,288	32,218
Rachão	5,59	5,288	5,759	5,288	4,635	4,137	5,288	35,986

Fonte: Dados da pesquisa.

TABELA 8 – Distância entre o desempenho dos agregados e a solução ideal negativa

Desempenho negativo (D-)								
	Custo de produção	Preço de venda	Tempo de produção	Diversidade de utilização	Qualidade	Armazenagem	Transporte	D-
Terra industrial	4,766	2,448	3,655	3,864	4,234	5,382	3,864	28,212
Pó de pedra	4,766	3,864	3,655	5,382	6,009	5,382	3,864	32,923
Granilho	4,766	3,864	3,655	5,382	4,234	5,382	3,864	31,147
Brita 0	4,766	6,009	3,655	6,009	6,009	5,382	3,864	35,695
Brita 1	4,766	3,864	3,655	6,009	4,234	5,382	3,864	31,774
Brita 2	4,766	5,382	3,655	5,382	6,009	5,382	3,864	34,441
Rachão	4,766	3,864	3,655	3,864	4,234	5,382	3,864	29,628

Fonte: Dados da pesquisa.

Usando os valores das Tabelas 7 e 8, e aplicando a equação 17, pode-se calcular o coeficiente de aproximação (CCi) para cada agregado reciclado.

A Tabela 9 mostra o ranking das alternativas com os coeficientes de proximidade após terminado o processo de cálculo:

TABELA 9 – Classificação dos agregados

Agregado	Desempenho global (Cci)	Classificação
Terra industrial	0,430	7º
Pó de pedra	0,497	3º
Granilho	0,472	5º
Brita 0	0,541	1º
Brita 1	0,484	4º
Brita 2	0,517	2º
Rachão	0,452	6º

Fonte: Dados da pesquisa.

Observa-se na Tabela 9, que a brita 2 teve o maior desempenho global, isso demonstra que a mesma é a que melhor atende aos critérios utilizados, aproximando-se assim da solução ideal positiva e ao mesmo tempo sendo a mais distante da solução ideal negativa. Fazendo uma avaliação mais precisa, tal alternativa obteve um desempenho de no mínimo bom em 6 dos 7 critérios, só ficando com nota “Ruim” no critério de custo de produção, porém, todos os agregados foram mal avaliados nesse critério. Na sequência de classificação dos agregados ficaram: brita 2, pó de pedra; brita 1; granilho; rachão e terra industrial.

Observa-se também a baixa avaliação do granilho, rachão e terra industrial em relação aos quesitos avaliados, o que indica que a produção dos mesmos não é tão indicada como a dos agregados melhor classificados.

4.2.3 Análise de sensibilidade

Para investigar a influência dos pesos dos critérios na determinação de qual a melhor opção de agregado reciclado a se produzir foi realizada a análise de sensibilidade. Assim, foram feitos 14 experimentos, os mesmos são mostrados na Tabela 10.

TABELA 10 – Resultados numéricos de experiências de análise de sensibilidade

	DEFINIÇÃO	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	RANKING
EXP 1	WC1-C7 = (1, 1, 3)	0,119	0,131	0,126	0,136	0,126	0,136	0,122	A4>A6>A2>A5>A3>A7>A1
EXP2	WC1-C7 = (1, 3, 5)	0,224	0,254	0,244	0,27	0,247	0,264	0,233	A4>A6>A2>A5>A3>A7>A1
EXP 3	WC1-C7 = (3, 5, 7)	0,343	0,39	0,374	0,421	0,382	0,406	0,358	A4>A6>A2>A5>A3>A7>A1
EXP 4	WC1-C7 = (5, 7, 9)	0,458	0,518	0,498	0,561	0,51	0,537	0,478	A4>A6>A2>A5>A3>A7>A1
EXP 5	WC1-C7 = (7, 9, 9)	0,513	0,588	0,563	0,645	0,58	0,612	0,539	A4>A6>A2>A5>A3>A7>A1
EXP 6	WC1 = (7, 9, 9), WC2-C7 = (1, 1, 3)	0,171	0,183	0,179	0,188	0,179	0,188	0,174	A4>A6>A2>A3>A5>A7>A1
EXP 7	WC2 = (7, 9, 9), WC1, C3-C7 = (1, 1, 3)	0,149	0,185	0,18	0,229	0,18	0,212	0,175	A4>A6>A2>A3>A5>A7>A1
EXP 8	WC3 = (7, 9, 9), WC1-C2, C4-C7 = (1, 1, 3)	0,184	0,197	0,192	0,202	0,192	0,201	0,187	A4>A6>A2>A3>A5>A7>A1
EXP 9	WC4 = (7, 9, 9), WC1-C3, WC5-WC7 = (1, 1, 3)	0,172	0,207	0,202	0,229	0,219	0,212	0,175	A4>A5>A6>A2>A3>A7>A1
EXP 10	WC5 = (7, 9, 9), WC1-C4, C6-C7 = (1, 1, 3)	0,172	0,207	0,18	0,212	0,18	0,212	0,175	A4>A6>A2>A5>A3>A7>A1
EXP 11	WC6 = (7, 9, 9), WC1-WC5, WC7 = (1, 1, 3)	0,195	0,207	0,202	0,212	0,203	0,212	0,198	A4>A6>A2>A5>A3>A7>A1
EXP 12	WC7 = (7, 9, 9), WC1-WC6 = (1, 1, 3)	0,195	0,207	0,202	0,212	0,203	0,212	0,198	A4>A6>A2>A5>A3>A7>A1
EXP 13	WC1 = (1, 1, 3), WC2 - WC7 = (7, 9, 9)	0,468	0,544	0,519	0,602	0,536	0,569	0,494	A4>A6>A2>A5>A3>A7>A1
EXP 14	WC3 = (1, 1, 3), WC1-WC2, WC4-WC7 = (7, 9, 9)	0,452	0,528	0,503	0,585	0,519	0,553	0,478	A4>A6>A2>A5>A3>A7>A1

Fonte: Dados da pesquisa.

Na Figura 1, podem ser visualizados graficamente os resultados da análise de sensibilidade.

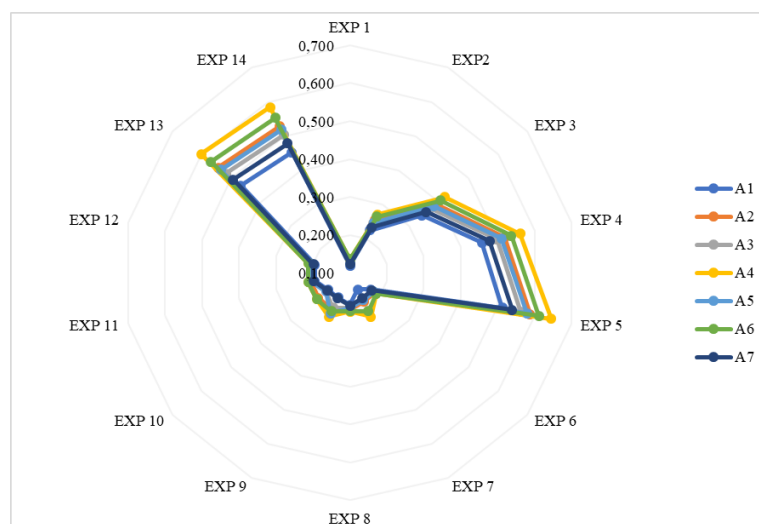


FIGURA 1 – Resultado da análise de sensibilidade. Fonte: Dados da pesquisa.

Na maioria dos experimentos a brita 0 foi considerada a melhor alternativa, porém nos experimentos 6, 10, 11 e 12 ela ficou empatada com a brita 2, ou seja, após a análise de sensibilidade conclui-se que a brita 0 é a melhor alternativa, porém nas hipóteses acima citadas, ela pode estar empatada com a brita 2 como sendo a melhor alternativa. Desse modo, afirma-se que o processo decisório é insensível aos critérios, sendo que em nenhum dos experimentos houve inversão de ranking, o máximo que ocorreu foi a alternativa “A4” se igualar a outra alternativa

5 Conclusão

Este estudo objetivou utilizar a metodologia Fuzzy TOPSIS para determinar a melhor alternativa para a destinação dos resíduos de classe “A” da construção civil na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Afirma-se que buscou-se trabalhar com os resíduos da construção civil devido a ser um tema emergente que vem crescendo em importância nos últimos anos, assim, a reciclagem dos resíduos de classe A podem oferecer grandes ganhos econômicos, sociais e ambientais a nossa sociedade.

Existem diferentes alternativas de agregados reciclados passíveis de serem produzidos, afirmando-se a existência de poucos estudos com o intuito de determinar a melhor alternativa a se produzir, desta forma, demonstra-se a relevância existente na presente pesquisa. Esta determinação levou em conta os critérios que de uma maneira global melhor elucidavam as vantagens esperadas por uma empresa na hora de determinar qual agregado lhe oferece maior vantagem em sua produção.

Após realizada pesquisa na Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, observou-se que os resíduos gerados no município não passam pelo processo de reciclagem, uma vez que não existe nenhuma empresa especializada nesse serviço. Desse modo, os resultados demonstram que há um grande potencial de negócio, pois, segundo Al-Gahtani et al. (2017) os resíduos da construção civil podem se tornar agregados reciclados, tendo várias utilidades como por exemplo no concreto sem função estrutural. Como vantagens na produção do agregado reciclado temos o fato de ser um material barato além de ir de encontro a sustentabilidade e a questão ambiental. O SINDUSCON (2015) vê a reciclagem do RCD como sendo um potencial negócio, pois o resíduo deixa de ser inutilizado para retornar ao mercado na forma de agregado reciclado, possibilitando a geração de receita tanto pelo recebimento dos resíduos quanto pela venda dos agregados. Diante a esse potencial de mercado, verificou-se que na região muitas são as alternativas geradas com os resíduos, evitando que as mesmas sejam descartadas de maneira que venham atingir de maneira negativa o meio ambiente, contribuindo para sustentabilidade do município e Região.

O SINDUSCON (2015) comenta sobre o grande aumento nas usinas de reciclagem de RCD principalmente de 2007 para os anos atuais, o mesmo também comenta a respeito da pequena porcentagem de RCD que se torna agregado reciclado. Assim como em outros estudos (MOSTAFAZADEH et al., 2017; MAGHSOODI; KHALILZADEH, 2017), o método multicritério empregado foi de grande auxílio para determinar a alternativa mais viável a ser adotada para reciclagem dos resíduos gerados, demonstrando assim mais uma vez a eficácia dos modelos multicritérios para a tomada de decisão, auxiliando na definição de diretrizes estratégicas tanto para organizações quanto para o poder público, alcançando com mais assertividade os objetivos determinado para as mesmas.

Pode-se constatar que o método *Fuzzy TOPSIS* se mostrou eficaz no auxílio a tomada de decisão, sendo que seus resultados finais são de fácil entendimento, contudo, sabendo das incertezas encontradas na escolha da melhor opção de agregado a se produzir, é de total importância que os profissionais da área tenham conhecimento do assunto na hora de definir quais agregados reciclados irão produzir. O agregado melhor avaliado foi a brita 0, principalmente por sua boa avaliação nos critérios preço de venda, diversidade de utilização e qualidade, critérios esses que possuíam pesos altos para a escolha final.

Como limitação para o estudo, elucida-se o escasso número de empresas que realizam a reciclagem bem como, a distância dos pesquisadores com as empresas. Assim sugere-se, para estudos futuros, uma pesquisa sobre a viabilidade de implantação de uma central de britagem de RCD na Região estudada, bem como a utilização de diferentes métodos para a avaliação das alternativas.

Referências

AL-GAHTANI, K. et al. *Production of green concrete using recycled waste aggregate and byproducts*. Built Environment Project and Asset Management, Vol. 7, n. 4, p. 413-425, 2017.

AMARO, G. D. & LIMA JUNIOR, F. R. *Aplicação do método fuzzy-TOPSIS no apoio à seleção de fornecedores “verdes”*. XVII ENGEMA–Encontro internacional sobre gestão empresarial e meio ambiente, São Paulo/SP, 2015.

IV Congresso Internacional de Gestão Estratégica e Controladoria de Organizações – IV CIGECO

24 e 25 de outubro de 2019

- AMORIM, L. V. et al. *Reciclagem de rejeitos da construção civil para uso em argamassas de baixo custo*. Revista Brasileira de engenharia agrícola ambiental, Vol. 3, n. 2, p. 222-228, 1999.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15113: Resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação*. Rio de Janeiro, 2004.
- AWASTHI, A. et al. *A hybrid approach based on SERVQUAL and fuzzy TOPSIS for evaluating transportation service quality*. Computers & Industrial Engineering, Vol. 61, n. 3, p. 637-646, 2011.
- AWASTHI, Anjali; CHAUHAN, Satyaveer S.; GOYAL, Surseh K. *A fuzzy multicriteria approach for evaluating environmental performance of suppliers*. International Journal of Production Economics, v. 126, n. 2, p. 370-378, 2010.
- BILIŞIK, Ö. N. et al. *A hybrid fuzzy methodology to evaluate customer satisfaction in a public transportation system for Istanbul*. Total Quality Management & Business Excellence, Vol. 24, n. 9-10, p. 1141-1159, 2013.
- BRASIL, RESOLUÇÃO CONAMA. 307 de 05 de julho de 2002. *Dispõe sobre Gestão dos Resíduos da Construção Civil*, 2002.
- CHEN, C. T. *Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment*. Fuzzy sets and systems, Vol. 114, n. 1, p. 1-9, 2000.
- DE OLIVEIRA NETO, Geraldo Cardoso et al. *Produção mais limpa: estudo da vantagem ambiental e econômica na reciclagem de polímeros*. Interciencia, v. 40, n. 6, p. 364-373, 2015.
- DURGUN, I. & ERTAN, R. *Experimental investigation of FDM process for improvement of mechanical properties and production cost*. Rapid Prototyping Journal, Vol. 20, n. 3, p. 228-235, 2014.
- FEDALI, L. G. et al. *Logística de coleta e transporte de material biológico e organização do laboratório central no ELSA-Brasil*. Revista de Saúde Pública, Vol. 47, n. suppl 2, p. 63-71, 2013.
- GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. Atlas SA, 2008.
- HAROUN, A. E. *Maintenance cost estimation: application of activity-based costing as a fair estimate method*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol. 21, n. 3, p. 258-270, 2015.
- HWANG, C. L. & YOON, K. *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. Springer-Verlag: Berlin (Alemanha), 1981.
- KARPINSK, L. A. *Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental*. EDIPUCRS, 2009.
- LIMA JUNIOR, F. R. *Comparação entre os métodos Fuzzy TOPSIS e Fuzzy AHP no apoio à tomada de decisão para seleção de fornecedores*. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2013.
- LIMA, R. S. & LIMA, R. R. R. *Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil*. Série de Publicações Temáticas do Crea-PR. Curitiba: Crea, 2009.
- MAGHSOODI, A. I. & KHALILZADEH, M. *Identification and evaluation of construction projects' critical success factors employing Fuzzy-TOPSIS approach*. KSCE Journal of Civil Engineering, p. 1-13, 2017.
- MARRO, A. A. et al. *Lógica fuzzy: conceitos e aplicações*. Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), 2010.
- MOSTAFAZADEH, R. et al. *Scenario analysis of flood control structures using a multi-criteria decision-making technique in Northeast Iran*. Natural Hazards, p. 1-20, 2017.
- MOTTA, Rosângela dos Santos. *Estudo laboratorial de agregado reciclado de resíduo sólido da construção civil para aplicação em pavimentação de baixo volume de tráfego*. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- NAGALLI, A. *Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil*. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- PASCHOALIN FILHO, João Alexandre et al. *Gerenciamento dos resíduos de demolição gerados nas obras de um edifício localizado na Zona Leste da Cidade de São Paulo/SP*. Desenvolvimento em questão, v. 13, n. 30, p. 265-305, 2015.

IV Congresso Internacional de Gestão Estratégica e Controladoria de Organizações – IV CIGECO

24 e 25 de outubro de 2019

PINTO, T. P. & GONZÁLES, J. L. R. *Manejo e gestão de resíduos da construção civil*. Manual de orientação, Vol. 1, 2005.

SIDORKO, P. & LEE, L. *JURA: a collaborative solution to Hong Kong academic libraries storage challenge*. Library Management, Vol. 35, n. 1/2, p. 46-68, 2014.

SINDUSCON–SINDICATO, DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. CIVIL. *Gestão ambiental de resíduos da construção civil-avanços institucionais e melhorias técnicas*. São Paulo, 2015.

TESSARO, A. B.; DE SÁ, J. S. & SCREMIN, L. B. *Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS*. Ambiente Construído, Vol. 12, n. 2, p. 121-130, 2012.

TOWN, S.; HALL, I. & WILSON, F. *The Quality Maturity Model: your roadmap to a culture of quality*. Library Management, 2015.

ZADEH, L. A. *Fuzzy sets*. Information and control, Vol. 8, n. 3, p. 338-353, 1965.