



DEFINIÇÃO DE PORTFOLIO DE INVESTIMENTOS EM UMA EMPRESA USANDO ANÁLISE MULTICRITERIAL

DEFINITION OF PROJECT PORTFOLIO INVESTMENTS USING A MULTICRITERIA METHOD

Joana Siqueira de Souza

Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PPGEP/UFRGS.
joana@producao.ufrgs.br

Francisco José Kliemann Neto

Professor Doutor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal do Rio Grande do Sul – PPGEP/UFRGS.
kliemann@producao.ufrgs.br

Tiago Pascoal Filomena

Doutorando, Escola de Engenharia e Ciências Aplicadas,
George Washington University, EUA
tiagopf@gwu.edu

Resumo: A definição de um portfólio de projetos de investimentos é um processo de vital importância para uma organização, pois envolve o orçamento de capital da empresa na busca de um conjunto de projetos que traga rentabilidade, perpetuidade, além de ter ligação direta com os objetivos estratégicos traçados. Assim, o objetivo deste trabalho é apresentar um modelo prático para a definição de portfólio de projetos de investimentos fazendo uso de métodos tradicionais de análise de investimentos como o Valor Presente Líquido (VPL) e incorporando atributos qualitativos da análise por meio do método de análise multicriterial chamado *Non-Traditional Capital Investment Criteria*. A otimização do portfólio de projetos foi feita a partir de programação linear. Restrições orçamentárias, impostas pelo mercado e pela capacidade disponível, também foram consideradas. O modelo proposto foi validado em uma empresa do ramo automotivo, gerando informações suficientes para apoiar a tomada de decisão da organização quanto aos projetos a serem implementados no período de um ano.

Palavras-chave: portfólio de projetos de investimentos, valor presente líquido, análise multicriterial, programação linear, tomada de decisão.

Abstract: The definition of portfolio of investments during capital budgeting process is of essential importance for an organization. The chosen set of projects must guarantee the long-term profitability, perpetuity and corporate strategic goals. Thus, this study presents a model to define the portfolio of projects during capital budgeting using both traditional investments methods, Present Worth (PW), and multicriteria methods, *Non-Traditional Capital Investment*



Criteria. The portfolio optimization is resolved with the use of linear programming, capital requirements constraints related to market and available capacity are also considered. The model was validated in an automaker supplier providing information to help on the decision making process related to the portfolio of projects to be selected for the following year.

Key-words: project portfolio investments, present worth, multicriteria decision making, linear programming, decision making.

1. Introdução

Neste trabalho é discutido o processo de definição de portfólio de projetos de investimentos, mais precisamente, o objetivo deste trabalho é desenvolver um modelo para a definição de portfólio de investimentos, fazendo uso de métodos tradicionais de análise de investimentos e incorporando atributos qualitativos na análise. A importância deste tema é sustentada pelos autores Borgonovo e Peccati (2006), que afirmam que quando as empresas são confrontadas com decisões de investimentos ou de planejamento empresarial, um grande número de variáveis influencia na decisão final. Desta forma, decidir como e em que investir seu capital é uma das decisões mais importantes para a direção de uma empresa (KIM, 2006).

Nos casos mais simples de escolha, deve-se determinar se um investimento único será ou não realizado. Porém, na maioria das situações, vários projetos costumam entrar em cogitação ao mesmo tempo. Quando isto acontece, devem ser escolhidos, dentre as várias alternativas, os projetos mais vantajosos, tendo em vista os recursos financeiros existentes ou que podem ser obtidos, além de outros fatores internos e externos à empresa (KOOROS; MCMANIS, 1998). Assim, a definição de um portfólio de investimentos tem sido considerada um processo crítico nas empresas. Segundo Verbeeten (2006), o uso de métodos de análise mais sofisticados aumenta a probabilidade de sucesso, uma vez que assegura que a estratégia da empresa será seguida e que as oportunidades de investimentos serão consideradas de forma apropriada e consistente.

Entretanto, métodos tradicionais para avaliação de investimentos ainda são predominantes nas empresas, fazendo com que técnicas disponíveis para auxiliar e estruturar a tomada de decisão sejam ainda restritamente utilizadas (SOUZA, 2008). Algumas pesquisas (SAUL, 1995, COOPER et al., 1997) apontam as práticas das organizações quanto ao seu processo de avaliação de investimentos e, por conseqüência, a estruturação de um portfólio de investimentos. Muitos deles destacam um aumento na utilização dos métodos tradicionais de



avaliação que utilizam o fluxo de caixa descontado, isto é, métodos que consideram o valor do dinheiro no tempo, como Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e Índice de Lucratividade (IL).

Apesar de estes métodos serem apropriados à avaliação de investimentos, Jansen et al. (2004) salientam que os mesmos são usados basicamente para alocação tática do capital, e não servem como técnicas de escolha estratégica, isto é, deixam a desejar quando outros quesitos qualitativos acabam tendo que ser também considerados no momento da tomada de decisão.

Arnold e Hatzopoulos (2000) em sua pesquisa identificaram que 93% dos respondentes afirmam que eventualmente investem seu capital em projetos chamados não-econômicos, isto é, que não necessariamente irão trazer benefícios econômicos para a empresa, porém desenvolverão outras áreas importantes para a mesma como segurança e saúde. Entretanto, os métodos utilizados para avaliar estes investimentos aparentam ser incipientes, uma vez que a maioria das empresas ainda utiliza apenas métodos tradicionais de avaliação econômica.

Indo ao encontro desta afirmação, Hasting (1996) destaca a importância de sistematizar a decisão de investimentos de capital, sugerindo o uso de técnicas de análise multicriterial para a incorporação de aspectos qualitativos na decisão. Métodos que apóiam a tomada de decisão através de múltiplos critérios, também conhecidos como *Multiple Criteria Decision Making* (MCDM), possuem características particulares e trazem ao decisor uma nova discussão: qual deles é mais recomendado para determinada situação (GUGLIELMETTI et al., 2003).

Dentre os métodos mais difundidos destaca-se o MAUT – *Multiattribute Utility Theory*, que é considerado um método simplificado, porém fácil de ser aplicado (MIN, 1994). Além deste, pode-se destacar o método mais difundido no meio acadêmico, o *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Este método foi desenvolvido por Thomas Saaty, no início dos anos 70, sendo aperfeiçoado ao longo de suas aplicações. O AHP é uma importante ferramenta para o auxílio à tomada de decisão, pois consegue envolver em sua modelagem tanto aspectos quantitativos como qualitativos (SAATY, 1991, VAIDYA; KUMAR, 2006), estruturando em forma de árvore (hierarquia) uma decisão complexa. Tem ampla aplicação auxiliando na solução de diferentes problemas, conforme mostram, por exemplo, os trabalhos de Fogliatto e Guimarães (2004), Rabbani et al. (2005) e Vaidya e Kumar (2006).



Entretanto, o AHP possui algumas limitações, entre elas o fato de trabalhar aspectos econômicos e qualitativos em diferentes matrizes e ainda ter que comparar todas as alternativas avaliadas frente aos mesmos critérios. No caso de alternativas que representam projetos de investimentos existe a necessidade de haver a comparação de aspectos econômicos e qualitativos em uma mesma matriz. Além disso, nem todos os projetos de investimentos apresentam impactos nos mesmos critérios de análise. Por exemplo, um projeto de renovação de frota pode apresentar impacto na condição ergonômica do funcionário, enquanto que outro projeto como capacitação não apresenta impacto nenhum neste critério.

Assim, Boucher e MacStravic (1991) desenvolveram um método de análise multicriterial para a tomada de decisão de investimentos, baseado no método AHP, porém acrescentando algumas modificações necessárias, chamando-o de *Non-Traditional Capital Investment Criteria* (NCIC). Este método adequa-se às necessidades impostas pelas decisões de base econômica, sendo uma ferramenta de grande potencial ainda pouco utilizada pelas empresas. Algumas das características dos métodos de análise multicriterial citados são apresentadas no Quadro 1.

Critérios / Métodos	MAUT	AHP	NCIC
Simple aplicação	sim	não	não
Possui flexibilidade	sim	sim	sim
Possui estrutura hierárquica	sim	sim	não
Apresenta subjetividade na solução	sim	não	não
Envolve análise de risco e incerteza	sim	sim	sim
Apresenta a ocorrência do <i>rank reversal</i>	não	sim	não
Verifica a consistência das comparações	não	sim	sim
Possui escala fixa para avaliação dos critérios	não	sim	sim
Específico para tomada de decisão em investimentos	não	não	sim
Confronta as alternativas a partir de comparações paritárias	não	sim	não
Confronta os critérios a partir de comparações paritárias	não	sim	sim
A relação benefício e custo é trabalhada na mesma matriz	sim	não	sim
Permite o envolvimento de um grande número de alternativas	sim	não	não
Exige recursos computacionais para problemas mais complexos	não	depende	depende

Quadro 1 – Comparação entre métodos de análise multicriterial

Fonte: elaborado pelos autores

Ainda focando na mesma problemática de definição de portfólio de investimentos, Better e Glover (2006) apontam o uso da programação matemática, especificamente o uso da programação linear (PL) e da programação por objetivos (PPO), como uma ferramenta de apoio efetiva para seleção de portfólios ótimos de investimentos, uma vez que permite a



consideração de restrições orçamentárias, muitas vezes enfrentadas pelas empresas, além de ajudar na comparação entre diferentes alternativas, de forma a maximizar os ganhos da organização. Quando o problema a resolver trata de uma decisão de investimentos, a modelagem linear deve buscar a maximização da função objetivo que, por sua vez, é expressa através do Valor Presente Líquido (VPL) dos futuros fluxos de caixa correspondentes a qualquer combinação dos projetos de investimentos selecionados (BREALEY et al., 2006).

Lorie e Savage (1955) e Weingartner (1963) foram três dos primeiros autores a discutirem a formulação de problemas de tomada de decisão em investimentos, na forma de um problema de programação linear. Em seus estudos eles apresentaram a estrutura que até hoje é muito utilizada para modelar problemas envolvendo aplicação de capitais, a qual aponta que as restrições envolvidas em um problema de decisão financeira são referentes ao uso do capital, que pode ser limitado, e às restrições de não-negatividade. Canada et al. (1996) ainda apresentam a possibilidade de incorporação de restrições como a relação de interdependência entre projetos.

Conforme Stannard e Zahir (2006), desde a década de 80 já se encontram registros de estudos que utilizaram a PL, em específico, juntamente com métodos multicriteriais, como o AHP, para a solução de diversos tipos de problemas. Um exemplo destes estudos pode ser encontrado no trabalho desenvolvido por Ghodsypour e O'Brien (1998), que buscou aplicar conjuntamente a metodologia do AHP, que opera com critérios qualitativos do problema, e a programação linear, para a seleção dos fornecedores de uma empresa.

Seguindo a mesma linha de pesquisa, Ramanathan e Ganesh (1995) apresentam uma discussão sobre a utilização do AHP em conjunto com a PL, desta vez para a decisão sobre a alocação de recursos de uma empresa. Conforme os autores, duas metodologias são passíveis de utilização nestes casos. A primeira delas utiliza o resultado da priorização resultante do AHP como coeficientes da função objetivo. Este método é chamado de método da Prioridade Esperada, na qual se deseja maximizar o valor da empresa. A outra metodologia baseia-se na relação benefício/custo das alternativas (B/C), onde os benefícios e os custos são trabalhados em duas matrizes independentes no método AHP e depois inseridos na função objetivo da programação linear.



Entretanto, o uso da programação linear e métodos multicriteriais aliados às tradicionais técnicas de análises de investimentos amplamente difundidas nas empresas ainda não foram exploradas no âmbito prático. Quando se trata de definição de portfólio de investimentos pouco ainda tem sido aplicado na prática e discutido na teoria quanto à possibilidade de interação de diferentes métodos na busca de um conjunto de projetos que permitam a otimização dos recursos de capital aplicados em uma organização.

Assim, o objetivo principal deste trabalho é apresentar um modelo prático para a definição de portfólio de projetos de investimentos através a integração de diferentes métodos, permitindo que aspectos qualitativos e quantitativos sejam incorporados à decisão final, conduzindo a um resultado otimizado.

Uma das limitações deste trabalho é que o modelo apresentado é puramente determinístico. Sabe-se que a literatura de otimização de portfólio é fortemente baseada no modelo proposto por Markowitz (1952), no qual o decisor minimiza a variância do portfólio tentando garantir um retorno mínimo. Este modelo vem sendo alterado para inclusão de outros fatores estocásticos, por exemplo, o modelo de Bonami e Lejeune (2009) discute este problema. A existência de dados em tempo real nos mercados de capitais faz com que modelos matemáticos mais complexos sejam aplicáveis. Entretanto, dados históricos são praticamente inexistentes quando se discute projetos de investimento de capital, como os discutidos neste trabalho. Logo, a definição parâmetros usados no modelo original de Markowitz, como variância e a correlação dos projetos, fica praticamente inviável. Dada esta limitação, neste trabalho optou-se pelo uso de PL aliada a métodos de análise multicriterial para definição do portfólio de projetos de investimento.

2. Modelo para definição de portfólio de projetos

Com base nas discussões advindas da literatura sobre análise de investimentos e análise multicriterial, foi realizada uma pesquisa de campo com algumas empresas do setor automotivo, na busca de identificar outros elementos importantes para o processo de definição de portfólios de projetos. Assim, foi desenvolvido um modelo estruturado, possibilitando a incorporação de aspectos quantitativos, como o valor econômico dos projetos, aspectos



qualitativos, como possíveis impactos ambientais e sociais, além de eventuais restrições da empresa como, por exemplo, o racionamento de capital.

O modelo estruturado, destacando as três fases constituintes do modelo, bem como as atividades a serem realizadas para que um portfólio otimizado seja escolhido é apresentado na Figura 1.

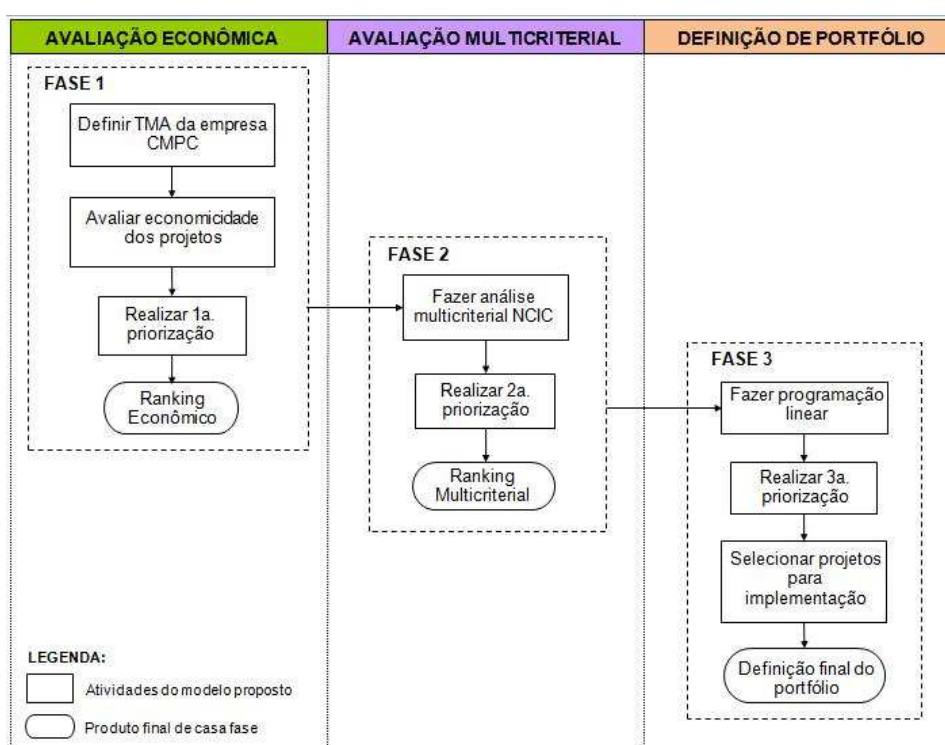


Figura 1 – Modelo para definição do portfólio de investimentos

Fonte: elaborado pelos autores

2.1 Fase 1

Nesta fase será elaborado um ranking dos projetos considerando os resultados da análise econômica (ranking econômico - RE). Para que o modelo tenha sua aplicação facilitada, foi estruturada uma Planilha para Análise Multicriterial de Projetos, no aplicativo computacional Excel®, onde cada projeto é avaliado individualmente para que, posteriormente, possam ser comparados frente aos seus desempenhos.

Nesta planilha, o primeiro passo é classificar cada projeto frente à sua obrigatoriedade, Para isto, utilizam-se duas classificações: projetos **mandatários** e projetos **concorrentes**. Para o



caso dos projetos mandatórios e dependendo do negócio da empresa, a mesma deverá investir em projetos que deverão obrigatoriamente existir na organização. Eventualmente, estes projetos podem representar prejuízo ou nenhuma rentabilidade para a organização, mas isto não está em discussão quando um projeto é mandatório, ou seja, ele deverá ser implementado mesmo assim. Por outro lado, os projetos classificados como concorrentes serão aqueles que realmente entraram na ‘disputa’ pelo orçamento disponível, podendo, então, serem implementados ou não. Este modelo propõe que tanto os projetos mandatórios quanto os projetos concorrentes sejam avaliados perante seus atributos quantitativos e qualitativos, pois é importante que seja conhecido o impacto de cada um deles dentro da estrutura da empresa.

Além disso, a planilha também solicita que o respondente aponte a relação de cada projeto frente aos demais. O projeto pode ser classificado como: (i) independente dos outros projetos, quando sua realização não causa impacto em outros projetos do portfólio; (ii) mutuamente exclusivo a outro projeto, que significa que ele só será realizado caso este outro projeto não seja executado; ou (iii) contingente a outro projeto, ou seja, se o projeto indicado for realizado, necessariamente o projeto em questão também deverá ser feito. Estas informações serão utilizadas na Fase 3, onde será feita a definição do portfólio de investimentos, para a qual a Programação Linear será a ferramenta principal.

Após a classificação dos projetos, deve-se fazer a avaliação econômica de cada um deles. Para isto, duas atividades deverão ser realizadas. A primeira delas é a definição de qual é a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) que a empresa utilizará. Conforme Smart et al. (2004), esta taxa é formada pelo custo de capital da empresa (próprio) e pelo custo financeiro, caso a empresa utilize também recursos de terceiros. Para a definição desta taxa deve-se utilizar o Custo Médio Ponderado de Capital (CMPC), conforme Equação (1).

$$CMPC = \left(\frac{D}{D + E} \right) \times (1 - T_c) \times r_d + \left(\frac{E}{D + E} \right) \times r_e \quad (1)$$

onde:

CMPC = Custo Médio Ponderado de Capital;

D = valor das dívidas na estrutura de capital;

E = valor do capital próprio na estrutura de capital;



T_c = alíquota de tributação marginal;

r_d = custo do capital de terceiros;

r_e = custo do capital próprio.

Este método é composto tanto pelo custo das dívidas, que é incorporado à fórmula diretamente a partir dos financiamentos, quanto pelo custo do capital próprio, que pode ser definido pelos diretores da empresa, a partir do custo de oportunidade do capital, ou pode ser calculado a partir do método CAPM – *Capital Asset Pricing Model* (BREALEY et al., 2006). Após a definição do CMPC da empresa, deve-se adicionar uma taxa p referente ao risco associado ao projeto para a definição da TMA da empresa. Esta taxa p de risco deverá ser tão maior quanto maiores forem os riscos associados ao projeto.

Uma vez definida a TMA da empresa, deve-se partir para a avaliação econômica dos projetos. A planilha desenvolvida baseia-se em conceitos da engenharia econômica, amplamente discutidos na literatura, que norteiam toda a avaliação dos projetos. As técnicas selecionadas para o cálculo dos resultados do projeto são o VPL, por ser um método confiável e que fornece uma informação bastante rica para o tomador de decisão, e o *Payback* com e sem atualização, por fornecer ao tomador de decisão uma informação importante sobre retorno de capital, permitindo uma análise mais aprofundada sobre o giro de capital da empresa (SMART et al., 2004).

Para o cálculo destes métodos, foi desenvolvida uma estrutura de interação simples, com a montagem final do fluxo de caixa, incluindo o impacto da depreciação, do imposto de renda e da inflação, esta de forma homogênea.

Como resultado desta avaliação econômica, pode-se realizar a primeira priorização dos projetos, indicando os projetos que proporcionam o melhor retorno para a empresa. Entretanto, este ranking não leva em consideração os possíveis impactos do projeto em outros atributos como, por exemplo, o impacto ergonômico. Assim, faz-se necessário a incorporação destes atributos no modelo para que a definição de um portfolio de investimentos seja mais aderente à realidade da empresa.

2.2 Fase 2



Como produto da Fase 2 os tomadores de decisão terão em mãos uma nova classificação dos projetos de investimentos, só que desta vez com uma ordenação que incorpora, além da avaliação econômica, os aspectos qualitativos de cada projeto, denominado de ranking multicriterial (RM).

Para isto, primeiramente a empresa deve realizar um *brainstorming* para a definição dos atributos qualitativos que considera relevantes em uma análise de investimentos, para que estes sejam incorporados à avaliação. Para cada projeto avaliado, deve-se listar em quais atributos, dentre os definidos no *brainstorming*, há impacto, seja ela positivo ou negativo. Fazendo isto, a empresa terá em mãos informações suficientes para a tomada de decisão, visto que já terá como resultado da Fase 1 uma avaliação puramente econômico-financeira, à qual serão adicionados os impactos qualitativos resultantes de cada projeto, permitindo a realização de uma análise multicriterial, cujo objetivo será agregar as informações quali e quantitativas em um só valor.

A análise multicriterial será feita a partir do NCIC. Os autores Boucher e MacStravic (1991) desenvolveram este método para análise multicriterial focando nos problemas que envolvem decisão de investimentos, uma vez que o método AHP pode muitas vezes não ser ideal para este tipo de análise devido à sua característica estrutural. Assim, os autores desdobraram o método AHP, incorporando modificações que permitiram a geração de uma nova metodologia de análise multicriterial adequada à problemática em estudo. Kimura e Suen (2003) destacam que o NCIC é uma ferramenta apropriada para decisões financeiras, uma vez que incorpora a análise multicriterial em termos de valores monetários, fazendo uso do conceito de VPL, muito utilizado pelas empresas para a tomada de decisões financeiras.

Boucher et al. (1997) apresentam esta nova metodologia, salientando algumas de suas características frente ao método AHP. Em primeiro lugar, o NCIC não é modelado através de uma hierarquia, pois seus níveis de análise são dispostos de forma diferenciada, sendo o segundo nível especificamente formado pelas alternativas e o terceiro nível sendo desdobrado em categorias contendo os atributos, que compõem o último nível da árvore.

Outra característica interessante é o fato de que este método não demanda que custos e benefícios sejam trabalhados em matrizes separadas, como especifica o AHP. Gogus e Boucher (1998) ainda destacam que o NCIC preserva a análise de consistência presente no



método AHP, o que é uma vantagem interessante frente a outros métodos de análise multicriterial, uma vez que permite ao tomador de decisão verificar a qualidade das comparações paritárias realizadas.

Da mesma forma que o AHP, os dados a serem trabalhados surgem de comparações paritárias de um nível da estrutura com o seu nível diretamente acima, utilizando a mesma escala de Saaty (1991). Entretanto, estas comparações são realizadas de outra forma, pois são feitas apenas entre critérios dentro de cada categoria e o critério Benefício Anual (ou VPL) é incorporado em cada matriz de comparação paritária. Fazendo isto, os atributos poderão ser interpretados de forma monetária, permitindo ao gestor justificar o resultado final da análise (BOUCHER et al., 1997). Ou seja, percebe-se que o NCIC é um método que busca encontrar o valor agregado dos critérios qualitativos em cada alternativa de investimento. Quando um novo projeto é inserido no portfólio, não é necessário realizar novamente as comparações pareadas como no método AHP.

Com as matrizes semelhantes às do método AHP determinadas pelos gestores, e o peso de cada critério já normalizado, gerando o vetor final, pode-se associar a importância relativa do VPL frente aos outros critérios que agregam ou não valor à alternativa estudada. Para isto, deve-se calcular o chamado Valor Presente Total (VPT) da alternativa, dividindo o VPL resultante da análise econômica pelo peso gerado a partir das comparações paritárias deste com os critérios qualitativos, conforme Equação (2) (BOUCHER; MACSTRAVIC, 1991).

$$VPT = \frac{VPL}{w_{VPL}} \quad (2)$$

onde:

VPT = valor presente total da alternativa;

VPL = valor presente líquido da alternativa;

w_{VPL} = peso do critério financeiro.

O VPT para cada alternativa será utilizado para transformar os pesos não-financeiros, resultantes das comparações paritárias, em valores financeiros, quantificáveis, conforme a Equação (3).



$$VA_i = w_i^* \times VPT \quad (3)$$

onde:

VA_i = valor agregado do critério i na alternativa estudada;

w_i^* = peso do critério i na alternativa estudada.

Assim, a seleção do investimento será por aquela alternativa que gerar maior valor para a empresa. Este valor é computado através da soma do VPL gerado pelo projeto e os valores dos seus critérios não-financeiros (calculados pela Equação (3)), resultando no VPL agregado do projeto (VPL_A), conforme a Equação (4).

$$VPL_A = \sum_{i=1}^n VA_i + VPL \quad (4)$$

onde:

VPL_A = valor presente líquido agregado da alternativa;

n = número de critérios qualitativos comparados em cada alternativa.

Em caso da ocorrência de atributos qualitativos com impactos negativos, seus VAs deverão ser valores negativos, proporcionando uma queda no resultado final do projeto.

Para a realização desta análise no modelo proposto foi desenvolvida uma planilha de apoio chamada Análise Multicriterial. A função desta planilha é buscar automaticamente as informações sobre o projeto avaliado (resultado econômico-financeiro e os atributos qualitativos) e, a partir destas informações, solicitar à Equipe de Decisão que faça as comparações paritárias, gerando o VPL_A também automaticamente na planilha de cada projeto avaliado.

A partir disto, pode-se realizar a segunda priorização dos projetos, resultando no ranking multicriterial (RM), que será um indicativo mais completo para a formação do portfólio final da empresa. Na seqüência, propõe-se que os projetos sejam submetidos a uma rotina de



programação linear, na busca da melhor alocação de recursos no portfólio de projetos do período analisado.

2.3 Fase 3

O produto principal desta fase é a definição final do portfólio de projetos que deverá ser implementado ao longo do período de análise. Para fornecer esta terceira priorização de projetos, está prevista a utilização da PL. Quando se utiliza a PL para tomada de decisão de investimentos de capital em empresas, a função objetivo do problema é, geralmente, determinada pelo somatório do VPL de cada projeto. Ou seja, a lógica do problema seria a maximização dos retornos dos projetos, sendo estes representados pelo resultado do VPL de cada projeto, sendo denominada de otimização econômica (OE).

Por outro lado, pode-se encontrar uma relação entre os fatores multicriteriais e a programação linear, salientando que neste caso pode-se utilizar como coeficientes da função objetivo os resultados da priorização advinda da análise multicriterial, neste caso do método NCIC, sendo denominada de otimização multicriterial (OM).

Sendo assim, para a modelagem do problema de portfólio de uma empresa será considerada a seguinte estrutura:

Função Objetivo:

Otimização econômica - $MaxZ = VPL_1 \times x_1 + VPL_2 \times x_2 + \dots + VPL_i \times x_i$

Otimização multicriterial - $MaxZ = VPL_{A1} \times x_1 + VPL_{A2} \times x_2 + \dots + VPL_{Ai} \times x_i$

Variáveis:

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_i$: número de vezes que um projeto concorrente i pode ser feito;

$f_1, f_2, f_3, \dots, f_n$: folga de recursos financeiros no período n .

Restrições:

$-\left[\sum_{i=1}^m b_{in} \times x_i \right] + f_n - f_{n-1} \times (1 + TMA) = M_n$: racionamento de capital, considerando a

possibilidade de utilização de recursos de um período para outro;

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_i \geq 0$ e $f_1, f_2, f_3, \dots, f_n \geq 0$: não-negatividade;

$x_1, x_2, x_3, \dots, x_i \leq 1$: número de vezes que um projeto pode ser realizado;



$x_{m1}, x_{m2}, x_{m3}, \dots, x_{mj} = 1$: projetos mandatórios devem ser selecionados;

$x_t + x_k \leq 1$: relação de mútua exclusividade (projeto t não é realizado se k for);

$x_t - x_k \leq 0$: relação de contingência (projeto t só é feito se k for selecionado).

onde:

$VPL_1, VPL_2, \dots, VPL_i$ = retorno econômico de cada projeto;

$VPL_{A1}, VPL_{A2}, \dots, VPL_{Ai}$ = retorno de cada projeto, incorporando os atributos qualitativos;

n = número de períodos do fluxo de caixa;

b_{in} = fluxo de caixa do projeto i durante período n ;

M_n = capital disponível no período n ;

x_{mj} = projetos mandatórios.

As restrições a serem utilizadas no problema poderão ser diversas, desde restrições orçamentárias em determinados períodos, até restrições de quantidade de número de vezes que pode ser executado cada projeto, possibilidade de financiamentos, período máximo de recuperação de capital, entre outras. As restrições a serem utilizadas no modelo devem ser definidas quando a empresa e suas características forem totalmente conhecidas. De antemão, e a partir da classificação definida para os projetos da empresa, percebe-se que uma das restrições a serem modeladas é a necessidade de que x_{mj} para todos os projetos mandatórios seja no mínimo igual a 1, ou seja, a programação necessariamente deverá incorporar ao portfólio aqueles projetos classificados anteriormente como mandatórios (nos limites do orçamento). Além disso, destaca-se que a programação a ser modelada deverá ser inteira, ou seja, as variáveis x_i não poderão ser fracionadas uma vez que não é possível implementar meio projeto, por exemplo.

Dado o reduzido número de variáveis e parâmetros que estar-se-á trabalhando neste artigo, será utilizado *What's Best* e Solver do Excel® para modelagem computacional do problema. Problemas maiores devem utilizar outras ferramentas como AMPL ou GAMS, juntamente com solvers como CPLEX. O resultado da modelagem será a terceira priorização de projetos, desta vez considerando as restrições imposta pela empresa. Esta priorização será realizada a



partir de dois focos diferentes: a visão puramente econômica e a visão multicriterial. Desta forma, ter-se-á como resultado dois rankings finais a partir dos quais a empresa está apta a tomar uma decisão mais estruturada e confiável, gerando assim seu portfólio de investimentos para o período analisado.

3. Aplicação

A empresa em estudo possui grupo controlador localizado no Exterior e um quadro de mais de 50 mil colaboradores, dos quais 1.800 estão no Brasil. A aplicação do modelo ocorrerá em uma filial da empresa, responsável pela montagem dos *cockpits* de dois tipos de automóveis específicos. O interesse da empresa em aplicar o modelo proposto justifica-se principalmente pela carência apresentada no seu processo de avaliação de investimentos. Anualmente, muitos projetos vindos de diferentes áreas da empresa são elencados, porém não são avaliados os potenciais retornos econômicos e qualitativos decorrentes de suas eventuais implementações. Com o crescimento da unidade industrial e a necessidade de aprimorar seus processos internos, o corpo diretivo da empresa sustenta a necessidade de que um processo sistêmico de análise seja implantado, no intuito de melhorar a tomada de decisão de investimentos de capital.

3.1 Aplicação da Fase 1

Antes de iniciar a aplicação do modelo na empresa em estudo foi necessário formar uma Equipe Multifuncional (EM) responsável pela avaliação de todos os projetos a serem analisados, incluindo a tomada de decisão final. Assim, a EM foi formada pelos seguintes representantes: (i) gerente da unidade industrial; (ii) supervisor de produção; (iii) analista de sistemas/controladoria; (iv) analista de materiais; (v) analista da qualidade; (vi) engenheiro da qualidade do fornecedor/processos; (vii) analista administrativo/RH; (viii) técnico de manutenção; (ix) assistente administrativo/compras.

A partir da formação da equipe foram levantados todos os potenciais projetos para serem realizados no período de um ano fiscal, de outubro de 2007 a setembro de 2008. Ao todo, foram listados 63 projetos para serem avaliados, advindos desde o plano estratégico da empresa até projetos de manutenção, mais operacionais. Entre estes 63 projetos, 23 deles foram classificados como mandatórios e 40 como concorrentes. Os projetos mandatórios



podem ser divididos em projetos a serem implementados obrigatoriamente por fator técnico, incluindo-se aí 11 projetos para adequação a normas de saúde e segurança e manutenções indispensáveis na unidade industrial que, caso não realizados, prejudicariam o andamento da produção, e projetos mandatórios por fator estratégico. Neste último caso, tem-se 12 projetos solicitados pela alta direção da empresa ou propostos pela equipe da unidade industrial de Gravataí, que os listou devido à sua ligação com interesses da companhia.

Definidos e classificados os projetos, foi necessário realizar uma discussão sobre a Taxa Mínima de Atratividade a ser utilizada pela empresa estudada. Conforme afirmam os responsáveis pelo setor financeiro da empresa, no Brasil esta não utiliza recursos de terceiros para realizar seus investimentos. Quando o faz, é uma parcela relativamente pequena, financiada pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) a uma taxa regularizada pela Taxa de Juros de Longo Prazo (TJLP). Desta forma, a empresa considera, para a TMA, somente a parcela de capital próprio aliado a um fator de risco, sendo estipulada pela matriz da empresa em 13% ao ano.

Definida a TMA da empresa, os donos de projeto e suas equipes iniciaram o preenchimento do restante da planilha. Com os dados financeiros de cada projeto levantados pela equipe, foi preciso organizá-los, definindo seus prazos. Pôde-se observar que as principais economias associadas aos projetos realizados na empresa baseiam-se em redução de tempo na linha de montagem, permitindo melhor utilização da mão-de-obra direta da unidade industrial; redução de horas na execução de determinadas atividades administrativas, o que proporciona ganho de mão-de-obra indireta, não necessitando expandir o número de funcionários nesta área; ganho de área liberada de estoque, não necessitando expansão da fábrica e reduzindo, assim, os custos de manutenção predial, água, luz, etc.; economia de materiais; economia de serviços terceirizados; e economia com energia elétrica.

A planilha de avaliação de cada um dos 63 projetos foi montada, gerando o VPL e *payback* de cada projeto. Após as análises dos resultados dos projetos, foi possível realizar a primeira priorização dos projetos analisados, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Ranking considerando a análise econômica (RE)



ECON	Núm	Classificação	VPL	Investimento	Invest. Acum.
1º	3	Mandatário	R\$ 360.398,58	R\$ 600.000	R\$ 600.000
2º	36	Mandatário	R\$ 214.362,15	R\$ 8.278	R\$ 608.278
3º	9	Mandatário	R\$ 18.712,93	R\$ 30.000	R\$ 638.278
4º	25	Mandatário	R\$ 5.285,25	R\$ 20.000	R\$ 658.278
5º	46	Mandatário	R\$ 4.447,84	R\$ 20.000	R\$ 678.278
6º	49	Mandatário	R\$ 997,31	R\$ 1.100	R\$ 679.378
7º	11	Mandatário	R\$ 447,73	R\$ 450	R\$ 679.828
8º	24	Mandatário	(R\$ 376,22)	R\$ 3.160	R\$ 682.988
9º	59	Mandatário	(R\$ 753,45)	R\$ 3.000	R\$ 685.988
10º	15	Mandatário	(R\$ 1.950,01)	R\$ 3.000	R\$ 688.988
11º	18	Mandatário	(R\$ 2.567,11)	R\$ 4.000	R\$ 692.988
12º	21	Mandatário	(R\$ 6.721,79)	R\$ 10.500	R\$ 703.488
13º	19	Mandatário	(R\$ 9.408,80)	R\$ 15.000	R\$ 718.488
14º	37	Mandatário	(R\$ 10.345,92)	R\$ 15.000	R\$ 733.488
15º	67	Mandatário	(R\$ 11.588,13)	R\$ 15.000	R\$ 748.488
16º	57	Mandatário	(R\$ 12.545,33)	R\$ 15.000	R\$ 763.488
17º	64	Mandatário	(R\$ 21.265,71)	R\$ 20.000	R\$ 783.488
18º	16	Mandatário	(R\$ 25.091,69)	R\$ 30.000	R\$ 813.488
19º	51	Mandatário	(R\$ 29.559,29)	R\$ 30.000	R\$ 843.488
20º	63	Mandatário	(R\$ 31.366,43)	R\$ 35.000	R\$ 878.488
21º	50	Mandatário	(R\$ 32.403,91)	R\$ 35.000	R\$ 913.488
22º	61	Mandatário	(R\$ 39.543,25)	R\$ 75.000	R\$ 988.488
23º	23	Mandatário	(R\$ 78.977,32)	R\$ 95.000	R\$ 1.083.488
24º	69	Concorrente	R\$ 110.243,89	R\$ 40.000	R\$ 1.123.488
25º	27	Concorrente	R\$ 100.700,22	R\$ 50.000	R\$ 1.173.488
26º	60	Concorrente	R\$ 70.004,93	R\$ 45.000	R\$ 1.218.488
27º	41	Concorrente	R\$ 61.023,99	R\$ 35.000	R\$ 1.253.488
28º	33	Concorrente	R\$ 58.773,25	R\$ 84.280	R\$ 1.337.768
29º	66	Concorrente	R\$ 31.804,95	R\$ 43.777	R\$ 1.381.545
30º	62	Concorrente	R\$ 23.760,94	R\$ 25.000	R\$ 1.406.545
31º	58	Concorrente	R\$ 23.290,25	R\$ 25.000	R\$ 1.431.545
32º	26	Concorrente	R\$ 20.243,08	R\$ 22.000	R\$ 1.453.545
33º	44	Concorrente	R\$ 16.915,37	R\$ 35.000	R\$ 1.488.545
34º	4	Concorrente	R\$ 16.506,80	R\$ 35.000	R\$ 1.523.545
35º	40	Concorrente	R\$ 14.796,28	R\$ 12.000	R\$ 1.535.545
36º	68	Concorrente	R\$ 14.456,16	R\$ 4.300	R\$ 1.539.845
37º	29	Concorrente	R\$ 13.806,86	R\$ 40.000	R\$ 1.579.845
38º	56	Concorrente	R\$ 9.789,46	R\$ 20.000	R\$ 1.599.845
39º	45	Concorrente	R\$ 9.555,69	R\$ 12.000	R\$ 1.611.845
40º	48	Concorrente	R\$ 8.948,23	R\$ 18.000	R\$ 1.629.845
41º	43	Concorrente	R\$ 8.555,78	R\$ 32.000	R\$ 1.661.845
42º	65	Concorrente	R\$ 8.112,50	R\$ 12.000	R\$ 1.673.845
43º	6	Concorrente	R\$ 1.265,40	R\$ 15.000	R\$ 1.688.845
44º	70	Concorrente	R\$ 1.044,12	R\$ 200.000	R\$ 1.888.845
45º	52	Concorrente	R\$ 125,96	R\$ 8.000	R\$ 1.896.845
46º	53	Concorrente	(R\$ 989,68)	R\$ 4.000	R\$ 1.900.845
47º	22	Concorrente	(R\$ 1.306,62)	R\$ 2.000	R\$ 1.902.845
48º	30	Concorrente	(R\$ 1.339,64)	R\$ 2.200	R\$ 1.905.045
49º	38	Concorrente	(R\$ 2.593,46)	R\$ 4.000	R\$ 1.909.045
50º	35	Concorrente	(R\$ 4.585,31)	R\$ 7.763	R\$ 1.916.807
51º	39	Concorrente	(R\$ 6.533,12)	R\$ 10.000	R\$ 1.926.807
52º	14	Concorrente	(R\$ 7.417,30)	R\$ 11.500	R\$ 1.938.307
53º	55	Concorrente	(R\$ 7.850,20)	R\$ 10.000	R\$ 1.948.307
54º	7	Concorrente	(R\$ 8.223,58)	R\$ 22.500	R\$ 1.970.807
55º	17	Concorrente	(R\$ 8.897,21)	R\$ 14.000	R\$ 1.984.807
56º	47	Concorrente	(R\$ 11.775,29)	R\$ 15.000	R\$ 1.999.807
57º	34	Concorrente	(R\$ 12.495,49)	R\$ 20.600	R\$ 2.020.407
58º	8	Concorrente	(R\$ 13.188,24)	R\$ 31.000	R\$ 2.051.407
59º	10	Concorrente	(R\$ 14.677,45)	R\$ 17.500	R\$ 2.068.907
60º	42	Concorrente	(R\$ 20.145,74)	R\$ 20.000	R\$ 2.088.907
61º	31	Concorrente	(R\$ 21.246,70)	R\$ -	R\$ 2.088.907
62º	20	Concorrente	(R\$ 73.835,33)	R\$ 90.000	R\$ 2.178.907
63º	1	Concorrente	(R\$ 134.465,48)	R\$ 220.000	R\$ 2.398.907

Fonte: elaborado pelos autores



Pode-se observar pelo ranking resultante que apenas 7 dos 23 projetos mandatórios da empresa acarretam em algum retorno financeiro direto para a mesma. Isto se justifica na medida em que a grande maioria destes projetos são investimentos em saúde e segurança, e em projetos como estes a associação de um retorno financeiro não é direta, pois o maior ganho é através de atributos qualitativos, como satisfação do colaborador e prevenção de acidentes, por exemplo. Percebe-se, também, que dos 40 projetos concorrentes avaliados, 22 deles são viáveis economicamente, enquanto que os outros 18 não apresentam retornos financeiros satisfatórios.

Para que uma primeira seleção de projetos fosse possível, foi feita a listagem dos investimentos necessários para a implantação de cada projeto. Caso seja de interesse da empresa a realização de todos os projetos, a mesma precisará desembolsar no próximo período cerca de R\$ 2.400.000,00. Caso ela tenha a intenção de realizar, além dos mandatórios, todos os outros projetos que se mostraram financeiramente viáveis, a empresa deverá investir cerca de R\$ 1.900.000,00. Em último caso, se a empresa desejar investir somente em projetos classificados como mandatórios, ela deverá investir cerca de R\$ 1.100.000,00.

3.2 Aplicação da Fase 2

A próxima fase do modelo proposto é a realização da análise multicriterial, de forma a incorporar alguns atributos qualitativos na análise.

A primeira atividade foi a de definir os atributos qualitativos a serem considerados nas avaliações. Um *brainstorming* foi realizado com a EM, discutindo os atributos divididos em quatro grandes grupos: 1) Entradas do projeto, com atributos que envolvem características dos fornecedores; 2) Processo do projeto, com atributos como impacto na qualidade e na produtividade; 3) Ambiente que circunda o projeto, com atributos que envolvem saúde e segurança, por exemplo; e 4) Saídas do projeto, com atributos como impacto na imagem da empresa. Com a participação do grupo focado, elaborou-se uma lista com 56 atributos qualitativos, entre atributos positivos (que ajudam a empresa) e negativos (que são prejudiciais à empresa), como por exemplo aumento da satisfação do colaborador, adequação



a leis e normas, melhoria na condição ergonômica do colaborador, melhoria da prevenção de acidentes e qualidade do fornecedor.

Para a realização da análise multicriterial foi estruturada uma Equipe de Decisão que participou da avaliação de todos os projetos a fim de evitar possíveis desvios de opinião ou causar potenciais distorções nas análises. Para tal equipe foram convocados o analista de sistemas/controladoria e o engenheiro de qualidade do fornecedor/processos. Estes colaboradores foram escolhidos por terem participado ativamente nas atividades anteriores, por conhecerem detalhadamente a maioria dos projetos e por serem de diferentes áreas, agregando qualidade e confiabilidade às análises.

A análise multicriterial foi realizada ao longo de duas reuniões, totalizando cerca de dois turnos. Todos os projetos foram avaliados frente a cinco critérios: VPL resultante da análise econômica realizada na fase anterior, e quatro critérios qualitativos, cujos impactos no projeto são significativamente relevantes para a organização. Nas reuniões, cada um dos cinco critérios foi comparado aos outros de forma paritária, e os colaboradores puderam expressar a relação de importância de cada comparação, sob o ponto de vista da empresa, através do método de análise multicriterial NCIC.

Como resultado destas comparações, encontrou-se um Valor Presente Líquido Agregado (VPL_A), que corresponde à soma do VPL do projeto com a representação monetária da importância de cada atributo qualitativo elencado. Com o novo resultado, foi possível realizar um segundo ranking de projetos, desta vez expressando não somente o resultado econômico do mesmo, mas também sua relação com atributos qualitativos significantes para a empresa, conforme mostra a Tabela 2.

Além desta segunda classificação, esta análise proporcionou à empresa a visualização dos projetos que têm impacto mais representativo em determinado atributo qualitativo. Por exemplo, dos 63 projetos elencados, 15 deles têm impacto no quesito 'aumento da satisfação do colaborador'. Com isto, a empresa tem a oportunidade de selecionar aqueles projetos cujo impacto tem relação direta em sua estratégia empresarial.

Analisando a Tabela 2 pode-se perceber que houve uma inversão de importância nos projetos classificados como mandatórios. Os projetos de número 09, 11, 15, 18, 24, 25, 49 e 59, antes classificados entre os projetos mandatórios mais rentáveis (ou menos prejudiciais



economicamente) para a empresa, após a análise multicriterial caíram consideravelmente de posição. Em seus lugares entraram os projetos de número 16, 23, 50, 51, 61, 63 e 64.

Estes últimos projetos, apesar de apresentarem um VPL negativo representativo, possuem uma característica em comum: são projetos que possuem elevado impacto nos atributos qualitativos 'adequação a leis e normas', 'melhoria da condição ergonômica dos funcionários' e 'melhoria da prevenção de acidentes'. A empresa possui uma política claramente comprometida com os quesitos acima citados, e desta forma projetos cujo impacto nestes atributos são altamente representativos acabam se tornando relevantes no portfólio da empresa.

Tabela 2 – Ranking incorporando a análise multicriterial (RM)



MULT	ECON	Diferença	Núm	Classificação	VPL _A	Investimento	Invest. Acum.
1º	2º	+ 01	36	Mandatário	4.563.413	8.278	8.278
2º	1º	- 01	3	Mandatário	2.776.446	600.000	608.278
3º	23º	+ 20	23	Mandatário	1.759.208	95.000	703.278
4º	19º	+ 15	51	Mandatário	812.907	30.000	733.278
5º	21º	+ 16	50	Mandatário	766.580	35.000	768.278
6º	20º	+ 14	63	Mandatário	548.563	35.000	803.278
7º	22º	+ 15	61	Mandatário	520.125	75.000	878.278
8º	17º	+ 09	64	Mandatário	519.680	20.000	898.278
9º	13º	+ 04	19	Mandatário	267.347	15.000	913.278
10º	18º	+ 08	16	Mandatário	253.160	30.000	943.278
11º	14º	+ 03	37	Mandatário	235.238	15.000	958.278
12º	3º	- 09	9	Mandatário	212.488	30.000	988.278
13º	16º	+ 03	57	Mandatário	209.658	15.000	1.003.278
14º	15º	+ 01	67	Mandatário	175.183	15.000	1.018.278
15º	5º	- 10	46	Mandatário	111.649	20.000	1.038.278
16º	12º	- 04	21	Mandatário	106.198	10.500	1.048.778
17º	4º	- 13	25	Mandatário	70.143	20.000	1.068.778
18º	10º	- 08	15	Mandatário	27.760	3.000	1.071.778
19º	11º	- 08	18	Mandatário	25.701	4.000	1.075.778
20º	9º	- 11	59	Mandatário	14.252	3.000	1.078.778
21º	6º	- 15	49	Mandatário	8.861	1.100	1.079.878
22º	7º	- 15	11	Mandatário	8.521	450	1.080.328
23º	8º	- 15	24	Mandatário	4.665	3.160	1.083.488
24º	25º	+ 01	27	Concorrente	3.087.578	50.000	1.133.488
25º	62º	+ 37	20	Concorrente	2.102.603	90.000	1.223.488
26º	26º	0	60	Concorrente	1.983.358	45.000	1.268.488
27º	27º	0	41	Concorrente	981.859	35.000	1.303.488
28º	29º	+ 01	66	Concorrente	892.033	43.777	1.347.265
29º	24º	- 05	69	Concorrente	782.239	40.000	1.387.265
30º	28º	- 02	33	Concorrente	598.292	84.280	1.471.545
31º	31º	0	58	Concorrente	459.879	25.000	1.496.545
32º	32º	0	26	Concorrente	372.254	22.000	1.518.545
33º	36º	+ 03	68	Concorrente	342.942	4.300	1.522.845
34º	30º	- 04	62	Concorrente	283.863	25.000	1.547.845
35º	37º	+ 02	29	Concorrente	279.121	40.000	1.587.845
36º	34º	- 02	4	Concorrente	250.440	35.000	1.622.845
37º	58º	+ 21	8	Concorrente	248.381	31.000	1.653.845
38º	33º	- 05	44	Concorrente	234.437	35.000	1.688.845
39º	60º	+ 21	42	Concorrente	225.382	20.000	1.708.845
40º	35º	- 05	40	Concorrente	210.282	12.000	1.720.845
41º	38º	- 03	56	Concorrente	209.709	20.000	1.740.845
42º	42º	0	65	Concorrente	186.083	12.000	1.752.845
43º	53º	+ 10	55	Concorrente	159.445	10.000	1.762.845
44º	55º	+ 11	17	Concorrente	152.827	14.000	1.776.845
45º	54º	+ 09	7	Concorrente	139.010	22.500	1.799.345
46º	52º	+ 06	14	Concorrente	108.265	11.500	1.810.845
47º	40º	- 07	48	Concorrente	98.093	18.000	1.828.845
48º	56º	+ 08	47	Concorrente	89.762	15.000	1.843.845
49º	57º	+ 08	34	Concorrente	87.030	20.600	1.864.445
50º	41º	- 09	43	Concorrente	75.435	32.000	1.896.445
51º	44º	- 07	70	Concorrente	33.151	200.000	2.096.445
52º	61º	+ 09	31	Concorrente	32.199	-	2.096.445
53º	50º	- 03	35	Concorrente	31.801	7.763	2.104.207
54º	49º	- 05	38	Concorrente	29.890	4.000	2.108.207
55º	59º	+ 04	10	Concorrente	26.614	17.500	2.125.707
56º	51º	- 05	39	Concorrente	25.081	10.000	2.135.707
57º	43º	- 14	6	Concorrente	15.480	15.000	2.150.707
58º	47º	- 11	22	Concorrente	13.557	2.000	2.152.707
59º	46º	- 13	53	Concorrente	11.548	4.000	2.156.707
60º	48º	- 12	30	Concorrente	4.621	2.200	2.158.907
61º	45º	- 16	52	Concorrente	1.402	8.000	2.166.907
62º	39º	- 23	45	Concorrente	(1.564)	12.000	2.178.907
63º	63º	0	1	Concorrente	(208.206)	220.000	2.398.907

Legenda:

	Melhora de posição no ranking
	Posição no ranking não alterada
	Queda de posição no ranking

Fonte: elaborado pelos autores



No que tange à classificação dos projetos concorrentes, as inversões de posição foram em menor escala. Entre os projetos que após a análise multicriterial ficaram mais bem posicionados no ranking destaca-se o projeto de número 20, que subiu de penúltimo para o segundo projeto concorrente mais atrativo. Isto se deve ao fato de que este projeto é relativo à adequação da empresa à norma que discorre sobre ergonomia, e envolve vários atributos importantes para a empresa: ‘melhoria na ergonomia do funcionário’, ‘adequação a leis e normas’, além da ‘melhoria da prevenção de acidentes’. Outros projetos que também se tornaram mais atrativos para a empresa foram os de número 08, 42 e 17. O projeto 08 trata de um projeto da área de informática que, apesar de possuir um VPL de R\$ -13.188,24, se realizado proporcionará à empresa uma melhoria considerável no seu sistema de informação, permitindo ‘ganho na produtividade dos funcionários’, ‘melhorias na manutenção do sistema’ e ‘aumento da confiabilidade das operações’.

O projeto de número 42, da área de processos, tem como objetivo a incorporação de um sistema para melhorar a qualidade das atividades da empresa, tendo impacto altamente representativo na redução do número de falhas por PPM (parte por milhão) da mesma. Por sua vez, o projeto de número 17, que teve sua classificação elevada em 11 posições, representa um investimento diretamente ligado à ‘adequação a leis e normas’ e à ‘redução de acidentes’, o que está de acordo com os valores e princípios estabelecidos pela empresa.

Entre os projetos que após a realização da análise multicriterial perderam posições no ranking destacam-se os de número 06, 22, 30, 45, 52 e 53. Todos estes têm uma característica em comum: possuem dois ou mais atributos qualitativos considerados não tão importantes para a organização, uma vez que seus impactos não são tão representativos. Chama-se a atenção para o projeto de número 45, que apresenta uma proposta de investimento em um dispositivo para a linha de montagem. Este dispositivo, apesar de proporcionar ganho de produtividade, também acarretará em queda de organização interna da empresa, pois sua instalação terá impacto em outras atividades, prejudicando suas execuções. Assim, o projeto que possui um VPL de R\$ 9.555,69, acaba se tornando o segundo investimento menos interessante.

Vale destacar a importância do valor agregado de cada atributo, considerando que há uma real necessidade da empresa em avaliar qual é o impacto que um determinado projeto terá na estrutura da empresa, caso o mesmo seja selecionado. Além disso, destaca-se que alguns



atributos qualitativos avaliados nos projetos seriam passíveis de quantificação econômica, caso a base de dados da empresa estivesse estruturada de forma a permitir a identificação de determinados itens de custo e receita.

As discussões até então realizadas sobre a seleção de projetos deixaram de fora importantes pontos de decisão a serem considerados: a relação de interdependência entre projetos e outras restrições significativas à tomada de decisão, das quais destaca-se a restrição orçamentária.

3.3 Aplicação da Fase 3

A primeira modelagem realizada baseou-se nos estudos de Weingartner (1963), nos quais os coeficientes da função objetivo do problema são os resultados econômicos de cada projeto, ou seja, corresponde à maximização do VPL dos mesmos, denominada otimização considerando a OE.

As variáveis do problema identificado são os x_i que representam o número de vezes que cada projeto concorrente i pode ser feito, desconsiderando os 23 projetos mandatórios (x_m). Os projetos mandatórios foram inseridos na PL, pois a realização dos mesmos poderá influenciar na seleção de outros projetos concorrentes, porém destaca-se que x_m não representam variáveis do sistema, pois seus valores já são previamente conhecidos.

Além destas variáveis, a modelagem apresenta as variáveis f_n , que representam as folgas de recursos financeiros ocorridos em cada período do fluxo de caixa analisado. Esta variável tem n variando de 0 a 15, pois o fluxo de caixa da planilha permite análises de projetos do período 0 até o 15°. Estas últimas variáveis têm a função essencial de permitir que os ganhos de fluxo de caixa de cada projeto selecionado possam ser reutilizados em períodos subsequentes, com o objetivo de sustentar possivelmente outros projetos do portfólio. Seguindo o conceito fundamental da Engenharia Econômica, que considera a incorporação do valor do dinheiro no tempo, estas folgas devem ser reaplicadas à TMA da empresa.

Foram identificadas 26 restrições na programação linear modelada. As primeiras 16 restrições são diretamente relacionadas ao racionamento de capital da empresa. Elas apresentam o fluxo de caixa de cada período do portfólio selecionado, considerando que as folgas do período anterior podem ser reutilizadas e que há um orçamento máximo para ser gasto. Ainda foram incorporadas à modelagem a restrição de não-negatividade das variáveis x_i e f_n , a restrição que exige que as variáveis x_i sejam binárias (valores inteiros de 0 ou 1), além da restrição para que



os projetos x_m sejam necessariamente iguais a 1 (ou seja, devem ser selecionados). Por último, foram incorporadas 6 restrições referentes à relação de interdependência dos projetos.

Três cenários foram considerados, modificando apenas o orçamento disponível no período 0:

(i) E1 = maximizando VPL, com orçamento de R\$ 1.500.000,00; (ii) E2 = maximizando VPL, com orçamento de R\$ 1.200.000,00; e (iii) E3 = maximizando VPL, com orçamento de R\$ 1.000.000,00.

A segunda modelagem realizada baseou-se em estudos como os de Ghodsypour e O'Brien (1998), onde se sugere a incorporação do resultado da análise multicriterial na função objetivo do problema. No caso da empresa em questão, os coeficientes da função objetivo da programação linear foram definidos como o VPL_A de cada projeto. Fazendo isto, a solução matemática encontrada estará buscando selecionar aqueles projetos cujos valores econômicos e qualitativos são mais representativos para a organização, denominada de otimização considerando a OM.

A modelagem dos problemas incorporando os atributos qualitativos (OM) foi idêntica à modelagem realizada no modelo econômico (OE), isto é, as mesmas restrições e variáveis foram incorporadas, variando apenas a função objetivo. Três novos cenários foram modelados a partir desta nova condição: (i) M1 = maximizando VPL_A , com orçamento de R\$ 1.500.000,00; (ii) M2 = maximizando VPL_A , com orçamento de R\$ 1.200.000,00; e (iii) M3 = maximizando VPL_A , com orçamento de R\$ 1.000.000,00.

A Tabela 3 demonstra o portfólio ótimo resultante dos 6 cenários analisados.

Tabela 3 – Portfólio de investimentos, considerando OE e OM



Orçamento (R\$ milhão)	Cenário	Projetos em comum em ambas análises (E e M)		Projetos adicionais indicados pela lógica econômica (E)		Projetos adicionais indicados pela lógica multicriterial (M)	
		Número	VPL	Número	VPL	Número	VPL
1,50	1	Mandatórios	290.187,43	06	1.265,40	8	(13.188,24)
		4	16.506,80	29	13.806,86	14	(7.417,30)
		26	20.243,08	43	8.555,78	17	(8.897,21)
		33	58.773,25	48	8.948,23	20	(73.835,33)
		40	14.796,28	52	125,96	22	(1.306,62)
		41	61.023,99	69	110.243,89	27	100.700,22
		44	16.915,37			30	(1.339,64)
		56	9.789,46			31	(21.246,70)
		58	23.290,25			35	(4.585,31)
		60	70.004,93			38	(2.593,46)
		62	23.760,94			39	(6.533,12)
		65	8.112,50			42	(20.145,74)
		66	31.804,95			47	(11.775,29)
		68	14.456,16			55	(7.850,20)
			∑ VPLi	R\$ 659.665,39		R\$ 142.946,12	
1,20	2	Mandatórios	290.187,43	26	20.243,08	14	(7.417,30)
		41	61.023,99	40	14.796,28	17	(8.897,21)
		58	23.290,25	52	125,96	20	(73.835,33)
		60	70.004,93	62	23.760,94	22	(1.306,62)
		65	8.112,50	66	31.804,95	27	100.700,22
		68	14.456,16	69	110.243,89	30	(1.339,64)
						31	(21.246,70)
						38	(2.593,46)
						39	(6.533,12)
						55	(7.850,20)
	∑ VPLi	467.075,26		200.975,10		(30.319,36)	
1,00	3	Mandatórios	290.187,43	69	110.243,89	14	(7.417,30)
		65	8.112,50			17	(8.897,21)
		68	14.456,16			22	(1.306,62)
						30	(1.339,64)
						31	(21.246,70)
						35	(4.585,31)
						38	(2.593,46)
				39	(6.533,12)		
				41	61.023,99		
	∑ VPLi	312.756,09		110.243,89		7.104,63	

Fonte: elaborado pelos autores

A primeira observação que pode ser feita a partir dos resultados da Tabela 3 referente aos dois tipos de modelagem é que a possibilidade de utilização de recursos advindos dos projetos selecionados permitiu que outros projetos pudessem ser incorporados ao portfólio, fazendo com que fosse selecionado um maior número de projetos com menor quantia monetária. Percebe-se que a tomada de decisão a partir dos rankings de projetos considerando RE e incorporando também a RM sem a utilização da programação linear levará os gestores a investir em um número menor de projetos, pois não permite a visualização da otimização dos recursos da empresa. Esta característica incorporada na otimização utilizando a programação linear torna-se fundamental para a escolha de projetos, uma vez que permite simular a realidade econômico-financeira da organização.

No cenário 1, onde o orçamento disponível é de R\$ 1.500.000,00, percebe-se que tanto a lógica econômica quanto a multicriterial sugerem a seleção de 36 projetos em comum. Destes projetos, 23 são mandatórios e outros 13 são projetos cujos resultados econômicos são satisfatórios. A otimização considerando a maximização do VPL (Cenário E1) ainda seleciona



outros 6 projetos, todos apresentando VPL positivo. Desta forma, pode-se observar que a modelagem E1 sugere a seleção de todos os projetos mandatórios e todos os projetos concorrentes com VPL positivo, com exceção do projeto 70, que exige investimento muito alto (R\$ 200.000), e dos projetos 45 e 27, pois têm relação de mútua exclusividade com projetos que foram selecionados (68 e 69).

Por outro lado, a maximização do VPL_A (cenário M1) induz à troca de seis projetos escolhidos pelo cenário E1 por outros 14. Entre estes projetos destacam-se cinco que tiveram sua posição elevada, dado que os atributos qualitativos os fizeram se tornar mais interessantes: 20, 08, 42, 55 e 17. Outros projetos selecionados entraram no portfolio não tanto pelo seu valor agregado, mas porque projetos mais interessantes do ranking exigiam mais recursos do que o disponível: 14, 47, 31, 35, 38, 39, 22, 30. Além disso, pela otimização multicriterial o projeto de número 27 deverá ser selecionado, descartando a implementação do projeto 69, escolhido pela lógica econômica. Ambos projetos possuem VPL positivo, equivalente a R\$ 100.700,22 e R\$ 110.243,89, respectivamente, porém, como são mutuamente exclusivos, apenas um pode ser selecionado.

Alguns projetos não foram selecionados nem pela OE, nem pela OM. Estes projetos são o de número 01, que foi o último colocado em ambos rankings, o projeto 45, por ser mutuamente exclusivo ao projeto 68, selecionado em ambos portfolios, o projeto 70, por exigir um investimento elevado, e os projetos 07, 10, 34 e 53, que não apresentam interesse nos portfolios econômico e multicriterial.

Observando o portfolio selecionado a partir dos cenários 2 e 3, percebe-se que os projetos selecionados também são escolhidos a partir das suas colocações nos rankings RE e RM, sempre respeitando as restrições impostas pela empresa. Desta forma, não houve mudanças significativas quanto à seleção de projetos no que tange à comparação dos cenários 1, 2 e 3.

Pode-se observar que os portfolios de investimentos indicados pelos cenários OM sempre resultam em valores inferiores aos portfolios indicados pelos cenários OE. Esta constatação é razoável, na medida em que se espera que projetos que não apresentem resultados econômicos satisfatórios, porém que permitam ganhos em aspectos qualitativos, sejam considerados e eventualmente selecionados apenas nos cenários OM. Desta forma, espera-se que o resultado



puramente econômico seja reduzido com a entrada de projetos antes considerados inviáveis no portfólio.

A partir destas discussões, cabe à empresa avaliar os resultados apresentados e fazer a seleção final dos projetos, visto que a mesma possui material suficiente para apoiar a tomada de decisão. É importante ressaltar que as observações aqui apresentadas são de cunho indicativo e têm como objetivo principal fornecer informações sistematizadas para a escolha final do portfólio de investimentos. Sendo assim, foi realizada uma reunião com a equipe multifuncional para apresentação e discussão dos resultados finais. Nessa reunião, foram validados os rankings RE e RM apresentados anteriormente, bem como os portfólios resultantes da otimização utilizando a PL, OE e OM. Foram levantadas algumas questões principalmente relativas aos pesos dados em alguns projetos aos critérios qualitativos, sendo estes novamente validados. A empresa mostrou-se satisfeita com os resultados, que também foram apresentados ao diretor da empresa, e implementou integralmente o portfólio final selecionado.

4. Conclusão

A importância de definir-se um portfólio de projetos investimentos com segurança é cada vez maior devido às inconstâncias do mercado e a forte competição global. Assim, percebeu-se a necessidade de estruturar um modelo para auxiliar à definição de portfólios de projetos a partir do uso de métodos já existentes, porém não utilizados em conjunto.

Com isso, o objetivo deste trabalho foi propor um modelo estruturado para a definição de portfólio de projetos de investimentos fazendo uso de métodos de análise de investimentos como o VPL, incorporando atributos qualitativos da análise através do método de análise multicriterial NCIC, bem como fazendo a otimização do portfólio a partir da programação linear considerando restrições impostas pela empresa e diferentes cenários de investimentos.

O modelo proposto apresenta três fases: (i) ranking considerando a análise econômica (RE), calculado através do VPL; (ii) ranking considerando a análise multicriterial, que incorpora atributos qualitativos incorporados através do NCIC (RM); (iii) otimização, utilizando programação linear, considerando as restrições impostas pela empresa, diferentes cenários de



investimento e os diferentes rankings considerando análise econômica (OE) e considerando análise multicriterial (OM).

O uso do modelo proposto contemplando os métodos de investimentos como o VPL, o método de análise multicriterial NCIC e a programação linear foi viabilizado através do desenvolvimento em Excel de uma planilha que incorpora os três métodos utilizados e facilita sua aplicação.

Na Fase 2 de análise multicriterial, que incorpora atributos qualitativos, percebeu-se boa aderência do método NCIC, assim como uma boa resposta da equipe de decisão ao mesmo. Apesar do método incorporar, mesmo que de forma simplificada, o valor agregado dos critérios qualitativos ao VPL, considerou-se o método adequado, pois (i) não é necessário realizar novamente as comparações pareadas quando um novo projeto é incorporado ao portfólio como no método AHP; (ii) não é necessário avaliar os mesmos atributos (critérios) para todos os projetos pois não possui uma estrutura hierárquica como o AHP, o que permite que diferentes atributos qualitativos sejam avaliados em cada projeto, dando flexibilidade às análises; e (iii) quantifica as análises subjetivas dos atributos qualitativos e as converte para um valor monetário, aumentando a familiaridade do gestor tomador de decisão com os resultados da análise.

Entretanto, destaca-se que o mesmo vincula a análise qualitativa à análise econômica, fazendo com que as comparações paritárias devam ser feitas com cuidado, sempre comparando o valor do VPL com os atributos qualitativos elencados.

Ainda, a utilização da ferramenta de programação linear mostrou-se muito importante quando da discussão de definição de um portfólio de projetos. As grandes contribuições da aplicação deste método matemático em situações de aplicação de capital de empresas passam pela possibilidade de manipulação de várias informações simultaneamente na busca da otimização dos ganhos da empresa, na incorporação de restrições dificilmente identificadas quando se analisa somente um *ranking* de projetos e na consideração de um giro de capital interno na empresa, onde o resultado de um projeto pode afetar outro, permitindo ou não a execução de um terceiro projeto. Além disso, a programação linear permite simular situações reais, fornecendo informações que auxiliam na tomada de decisão.



O modelo proposto foi validado em uma organização com uma ampla lista de projetos, sendo este considerado aderente à problemática em questão, constituindo-se em uma opção estruturada para a formação de portfólios de projetos de investimentos.

Referências

ARNOLD, G. C.; HATZOPOULOS, P. D. The Theory-Practice Gap in Capital Budgeting: evidence from the United Kingdom. **Journal of Business Finance & Accounting**, vol.27, n.5/6, p. 603, June 2000.

BETTER, M.; GLOVER, F. Selecting project portfolios by optimizing simulations. **The Engineering Economist**, vol. 51, n.2, p.81, 2006.

BONAMI, P.; LEJEUNE, M. A. An exact solution approach for portfolio optimization problems under stochastic and integer constraints. **Operations Research**, articles in advance 2009.

BORGONOVO, E.; PECCATI, L. The importance of assumptions in investment evaluation. **International Journal of Production Economics**, vol.101, p.298, 2006.

BOUCHER, T. O.; GOGUS, O.; WICKS, E. M. A Comparison Between Two Multiattribute Decision Methodologies Used in Capital Investment Decision Analysis. **The Engineering Economist**, vol.42, n.3, p.179, 1997.

BOUCHER, T. O.; MACSTRAVIC, E. L. Multiattribute Evaluation within a Present Worth Framework and its Relation to AHP. **The Engineering Economist**, vol.37, n.1, p.1, 1991.

BREALEY, R. A.; MYERS, S. C.; ALLEN, F. **Principles of Corporate Finance**. 7. ed. New York: McGraw-Hill, 2006.

CANADA, J. R.; SULLIVAN, W. G; WHITE, J. A. **Capital Investment Analysis for Engineering and Management**. 2.ed. New Jersey: Prentice Hall, Inc. 1996.

COOPER, W. D.; MORGAN, R. G.; REDMAN, A. Capital Budgeting Models: theory vs. practice. **Business Forum**, vol.26, n.1/2, p. 15, 1997.

FOGLIATTO, F. S.; GUIMARAES, L. B. M. User-oriented Method for Selecting Workstation Components. **International Journal of Industrial Ergonomics**, vol.33, n.2, p.133, 2004.

GHODSYPOUR, S. H.; O'BRIAN, C. A Decision Support System for Supplier Selection Using an Integrated Analytic Process and Linear Programming. **International Journal of Production Economics**, vol.56, p.199, 1998.

GOGUS, O.; BOUCHER, T. O. Fuzzy NCIC. **The Engineering Economist**, vol.43, n.3, p.203, Spring 1998.

GUGLIELMETTI, F. R.; MARINS, F. A.; SALOMON, V. Comparação teórica entre métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios. XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais XXIII ENEGEP**. Ouro Preto, MG, outubro, 2003.



- HASTINGS, S. A Strategy Evaluation Model for Management. **Journal of Management Decision**, vol.34, n.1, p.25, 1996.
- JANSEN, L. K. C.; SHIMIZU, T.; JANSEN, J. U. Uma análise de investimentos considerando fatores intangíveis. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção. **Anais XXIV ENEGEP**. Florianópolis, SC, nov. 2004.
- KIM, D. Capital Budgeting for new projects: on the role of auditing in information acquisition. **Journal of Accounting & Economics**, vol. 41, p.257, 2006.
- KIMURA, H.; SUEN, A. S. Ferramentas de Análise Gerencial Baseadas em Modelos de Decisão Multicriterial. **RAE - Revista de Administração de Empresas**, vol. 2, n.1, p.1, Jan/Jun. 2003.
- KOOROS, S. K.; MCMANIS, B. L. A multiattribute optimization model for strategic investment decisions. **Canadian Journal of Administrative Sciences**, vol.15, n.2, p.152, 1998.
- LORIE, J. H.; SAVAGE, L. J. Three Problems in Rationing Capital. **Journal of Business**, vol.28, n.4, p.141, Oct. 1955.
- MARKOWITZ, H. M. Portfolio selection. **Journal of Finance**, vol.7, p.77, 1952.
- MIN, H. International Supplier Selection: A Multi-Attribute Utility Approach. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, vol.24, n.5, p.24, 1994.
- RABBANI, M.; SORKHAB, M. D.; VAZIFEH, A. Projects Evaluation and Selection for Investment Using Integrated AHP and DEA Approaches. **35th International Conference on Computers and Industrial Engineering**, June 2005. Istanbul, Turquia.
- RAMANATHAN, R.; GANESH, L. S. Using AHP for Resource Allocation Problems. **European Journal of Operational Research**, vol.80, p.410, 1995.
- SAATY, T. L. **Método de Análise Hierárquica**. São Paulo: McGraw-Hill, 1991.
- SAUL, N. **Análise de Investimentos: critérios de decisão e avaliação de desempenho nas maiores empresas do Brasil**. 2. ed. Porto Alegre: Ortiz, Unisinos, 1995.
- SMART, S. B.; MEGGINSON, W. L.; GITMAN, L. J. **Corporate Finance**. Mason, Ohio, USA: South-Western, 2004.
- SOUZA, J. S. **Proposta de uma Sistemática para Análise Multicriterial de Investimentos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008.
- STANNARD, B.; ZAHIR, S. Application of Analytic Hierarchy process in Multi-Objective Mixed Integer Programming for Airlift Capacity Planning. **Pacific Journal of Operational Research**, vol.23, n.1, p.61, mar.2006.
- VAIDYA, O. S.; KUMAR, S. Analytic Hierarchy Process: an overview of applications. **European Journal of Operational Research**, vol.169, p.1, 2006.



VERBEETEN, F. H. M. Do organizations adopt sophisticated capital budgeting practices to deal with uncertainty in the investment decision? A research note. **Journal of Management Accounting Research**, vol.17, p.106, 2006.

WEINGARTNER, H. M. **Mathematical Programming and the Analysis of Capital Budgeting Problems**, Englewoods Cliffs, N. J.: Prentice-Hall, Inc., 1963.

Artigo recebido em 29/07/2009 e aceito para publicação em 12/03/2010