

7 Análise dos Resultados

Com a hierarquia do problema estruturada (Fase 2 da Metodologia), os dados foram coletados (Fase 3 da Metodologia) e aplicados no método AHP para obtenção das prioridades das projetistas avaliadas (Fase 4 da Metodologia). Os resultados obtidos na pesquisa aplicada serão registrados no presente capítulo, formando o banco de dados do estudo de caso (Fase 5 da Metodologia).

Primeiramente, convém nomear a amostra de projetistas selecionadas. Esta foi composta de quatro empresas, A, B, C e D, que possuem cinco contratos com a Alunorte e que detêm 81% do volume de documentos de projeto, como mencionado no Capítulo 5.

7.1. Classificação Geral das Projetistas

Após aplicação dos questionários do AHP, dos questionários qualitativos e da coleta de dados, foi possível usar o *software Expert Choice* para gerar as prioridades dos critérios, dos subcritérios e das projetistas, alcançando-se assim, a classificação final dessas. A Figura 16 indica as prioridades obtidas pela avaliação absoluta das projetistas.

Alternative	Total	RATINGS SSMA (L: .361)	RATINGS QUALIDADE TECNICA (L: .244)	RATINGS EFICÁCIA (Prazo) (L: .157)	RATINGS EFICIÊNCIA (Custo) (L: .184)	RATINGS TECNOLOGIA (L: .055)
<input checked="" type="checkbox"/> IDEAL	.000					
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista D	.847	A	Excelente	> 1	< 1	Excelente
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista A	.094	E	Insuficiente	< 1	< 1	Boa
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista B	.302	B	Insuficiente	< 1	= 1	Regular
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista C	.431	C	Excelente	= 1	< 1	Ótima

Figura 16 – Prioridades Não Normalizadas

Assim, a classificação encontrada foi: D em primeiro lugar, C em segundo, B, em terceiro e A em quarto lugar. A Figura 17 mostra essas prioridades normalizadas de tal forma que somem 1.0.

Ideal mode	Priority	RATINGS	RATINGS	RATINGS	RATINGS	RATINGS
Alternative	Total	SSMA (L: .361)	QUALIDADE TECNICA (L: .244)	EFICÁCIA (Prazo) (L: .157)	EFICIÊNCIA (Custo) (L: .184)	TECNOLOGIA (L: .055)
<input checked="" type="checkbox"/> IDEAL	.000					
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista D	.506	A	Excelente	> 1	<1	Excelente
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista A	.056	E	Insuficiente	<1	<1	Boa
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista B	.180	B	Insuficiente	<1	=1	Regular
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista C	.257	C	Excelente	=1	<1	Ótima

Figura 17 – Prioridades Normalizadas

Esse *ranking* faz jus à realidade observada no projeto com relação não somente à classificação, mas também à intensidade relativa entre A, B, C e D. A percepção geral obtida pelas entrevistas e observações é de que a empresa D corresponde à melhor empresa, sendo lógica a uma prioridade em torno de 50% dentro do grupo das quatro avaliadas. Houve inclusive depoimentos de especialistas da equipe que consideravam a empresa D como referência. Portanto, pela análise do resultado final comprova-se que o índice está coerente.

7.2. Prioridades dos Critérios e Subcritérios

Após mostrar o resultado macro, convém aprofundar a análise dos resultados, iniciando pelas prioridades obtidas para os cinco critérios qualificadores de uma projetista presentes no topo da hierarquia (1º nível) do problema.

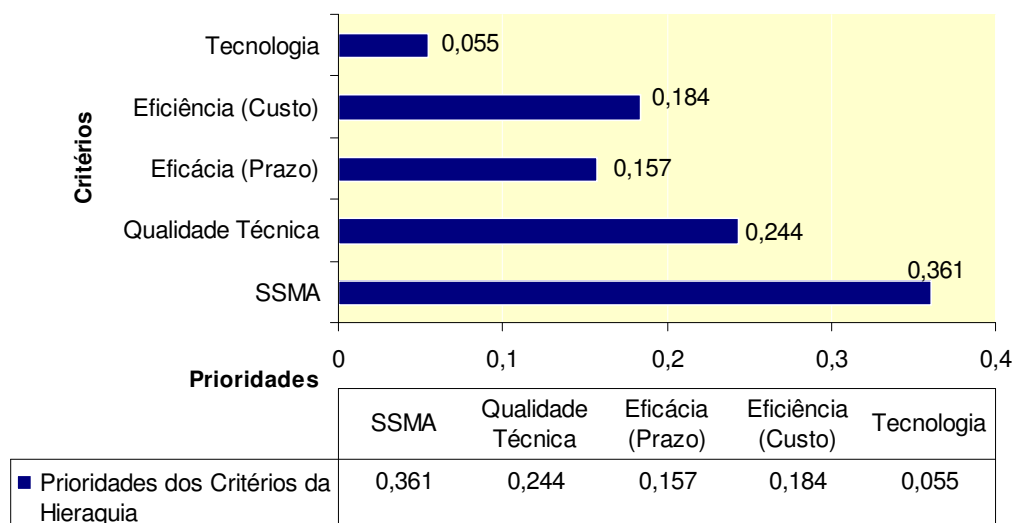


Figura 18 – Prioridades dos Cinco Critérios Qualificadores

A Figura 18 mostra o SSMA na primeira colocação, a Qualidade Técnica na segunda, a Eficiência na terceira, a Eficácia na quarta e a Tecnologia na quinta colocação. Este resultado foi positivo com relação à classificação dos critérios segundo importância relativa, porque está consistente.

O SSMA é de extrema importância, porque deve ser um critério desqualificador se não for atendido. Sem cumprimento das leis de segurança e de meio ambiente o empreendimento projetado não entra em operação, não importando outras características de qualidade. Essa etapa de verificação de atendimento de requisitos de segurança, saúde e meio ambiente é uma medida preventiva, portanto, seu conhecimento e uso são essenciais.

A Qualidade Técnica vem em segundo lugar por representar a garantia da conformidade do produto entregue segundo especificações e expectativas do cliente, o que possui um grande peso. O produto final das projetistas é o conjunto de desenhos (projetos) emitidos, que são sua competência. Por isso, os conteúdos dos desenhos refletem a imagem de uma empresa de projeto. Entretanto, para buscar a qualidade técnica é indispensável conhecer e estar em acordo com os aspectos de SSMA do projeto. Isto foi refletido no *ranking* através da primeira posição do SSMA como critério qualificador para contratação.

Com relação à Eficácia e à Eficiência, estas ficaram não só em posições consecutivas, mas com prioridades muito próximas. Justifica-se este resultado pelo impasse ao qual esses dois critérios levaram os respondentes no preenchimento dos questionários de comparação relativa de importância. Como a relação de custo e prazo é conhecida como uma restrição fortemente conectada e dependente, a proximidade das prioridades é coerente.

Devido à baixa prioridade do critério Tecnologia aplicada ao setor de Engenharia, este seria um critério qualificador a exemplo dos demais critérios – porque há exigências mínimas de tecnologia e de conhecimento técnico – e, ao mesmo tempo, um critério ganhador de contratos, isto é, aquele que verifica os diferenciais competitivos de uma empresa inovadora nas soluções oferecidas.

Assim, o atendimento desse critério pode ser decisivo no momento da contratação de uma empresa como consequência do seu diferencial proporcionado. A tecnologia aplicada com *know how* pode levar a uma superação na Qualidade Técnica, assim como na Eficiência e Eficácia dos serviços. Entretanto, a tecnologia só pode ser uma razão decisiva de contratação quando existe a capacidade de desenvolver um projeto de engenharia. Ou seja, é possível ter Qualidade Técnica sem *softwares* poderosos e soluções inovadoras, mas a simples existência destes não é garantia de criação de projetos de engenharia de qualidade.

De fato, os cinco critérios são co-dependentes, o que dificulta avaliar qual e quão mais relevante é um sobre outro. O AHP, através de comparações redundantes, teve o objetivo de estruturar a lógica nessa ponderação e forneceu um resultado convincente.

Apesar da ordenação das classificações estar coerente, pela sensibilidade do projeto observou-se que houve um certo desbalanceamento no peso dos critérios de SSMA e de Tecnologia aplicada ao setor de engenharia. Na prática, a equipe do projeto poderia arredondar os pesos para adequar os critérios de SSMA e de Tecnologia, que apresentaram a distorção. De qualquer forma, os resultados obtidos pelo AHP foram mais verossímeis do que a visão inicial do gerente da Engenharia do Projeto Alunorte na atribuição de pesos relativos para cada critério com base na sua importância dentro de um mesmo nível. Essa visão consistia na distribuição igualitária da unidade em cinco critérios, gerando cinco prioridades de 20%. A aprimoração nos pesos calculados pelo uso do AHP foi possível porque, através dos seus questionários estruturados com comparações redundantes para minorar desvios, houve a contribuição dos respondentes da equipe do projeto com suas visões diferenciadas do gerente. Portanto, as prioridades mostradas na Figura 18 representam uma classificação adequada, porém, com distorção em torno de 0,5% no peso dos critérios SSMA e Tecnologia aplicada ao setor de Engenharia, segundo sensibilidade e realidade do projeto.

Para avaliar os resultados da presente pesquisa é preciso adotar tanto a objetividade quanto a intuição e a sensibilidade, conforme demonstrado até agora. O limite do índice de consistência do AHP de 0.1 foi atendido, o que confere a

racionalidade dos julgamentos. A detecção de distorção para SSMA e Tecnologia demonstra a necessidade do uso da intuição na avaliação de consistência dos resultados.

Alguma distorção é compreensível e aceitável porque foram tratados aspectos subjetivos e correlacionados que dificultaram a execução precisa de comparações. Na verdade, isso é o que torna decisões complexas, se todas estas pudessem ser feitas segundo uma lógica linear, seria simples, mas há a necessidade de usar a intuição em muitos casos. A identificação da distorção nos dois critérios descritos surgiu de um componente intuitivo, que não permite justificar racionalmente o porquê daquilo não ser certo, somente julgar que aquilo parece não ser conforme a realidade.

A seguir serão apresentadas as prioridades dos subcritérios de Qualidade Técnica e Tecnologia. As prioridades dos subcritérios de SSMA, Eficácia de cumprimento do escopo no prazo e Eficiência no uso dos custos do projeto são iguais a 1, por terem subcritérios únicos tais como nota de auditoria, índice SPI e índice CPI, respectivamente.

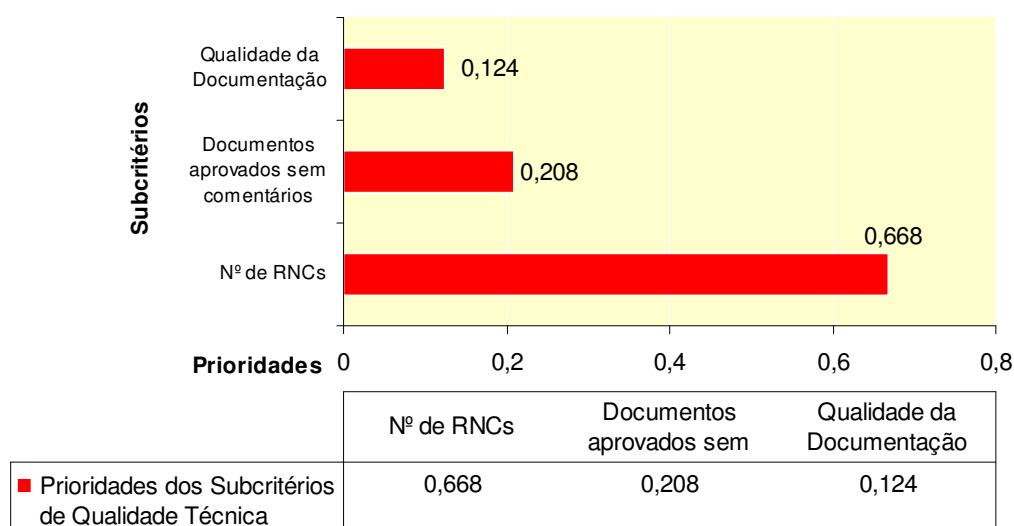


Figura 19 – Prioridades dos Subcritérios de Qualidade Técnica

A aplicação do AHP para cálculo das prioridades do critério Qualidade Técnica gerou um índice de consistência dentro do limite aceitável de 0.1. O alto peso do subcritério “número de reclamações de não conformidade” (nº de RNCs)

está coerente porque representa um erro de projeto ou algo que tenha realmente incomodado a equipe. Uma RNC deve ser evitado ao máximo.

O subcritério “documentos aprovados sem comentários” está com peso de 0,21 porque indica de forma objetiva a porcentagem de documentos que não precisarão ser reemitidos, já que estão conforme definições técnicas. Uma reclamação de (RNC) é mais significativo do que um alto número de desenhos aprovados sem comentários, uma vez que essa deveria ser a realidade esperada, isto é, poucas necessidades de alterações nos desenhos. Além disso, o peso deste segundo critério também é menor, porque há vezes em que o próprio cliente faz mudanças nas definições e comenta nos desenhos.

Já o terceiro subcritério, “qualidade da documentação”, tem o menor peso por julgar a qualidade verificada nos desenhos e documentos de projeto como requisições de materiais, pareceres técnicos e outros, o que não é tão grave. Esse subcritério é de menor importância do que um erro grosseiro de projeto ou do que a necessidade de comentários nos desenhos, mas deve ser avaliado, pois os pequenos erros também incomodam a rotina e o fluxo do trabalho.

As prioridades dos subcritérios de Tecnologia são mostradas na

Figura 20.

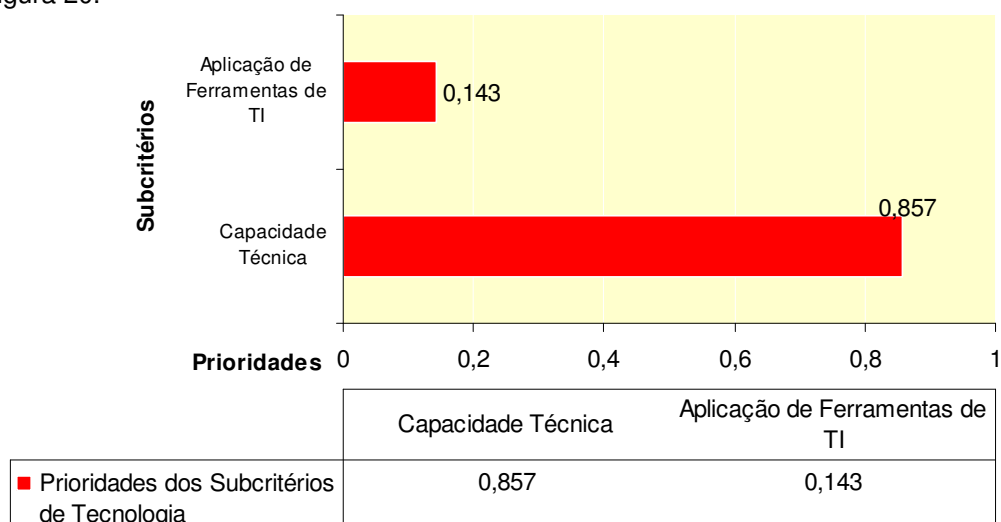


Figura 20 – Prioridades dos Subcritérios de Tecnologia aplicada ao setor de Engenharia

O índice de consistência para esses julgamentos encontrou-se dentro do limite satisfatório do AHP. Além disso, o resultado está condizente com os julgamentos da equipe entrevistada, uma vez que é senso comum que a capacidade técnica é mais relevante do que a TI. Para desenvolver um projeto de engenharia, compreender o conteúdo é essencial o uso de um *software* de última geração. Ao mesmo tempo, usado corretamente por uma equipe capaz, este pode ser muito útil para economia de tempo e melhoria de qualidade, além de permitir exceder e descobrir novos limites de engenharia de projeto.

7.3. Análise Gráfica da Sensibilidade dos Critérios

Foram gerados gráficos de análise de sensibilidade para avaliar como seria o comportamento do *ranking* das projetistas se houvesse variação na prioridade dos critérios do problema.

O gráfico de sensibilidade mostra as prioridades das alternativas A, B, C e D com relação a um objetivo selecionado. A linha cheia vermelha (vertical) mostra a prioridade atual do objetivo e é lida a partir do eixo x, na interseção. As prioridades das alternativas são lidas a partir do eixo y e determinadas pela interseção das linhas das alternativas com a linha de prioridade do objetivo (vertical vermelha).

A linha tracejada azul reflete o deslocamento da linha vertical vermelha (prioridade atual) para outro valor de prioridade. Assim, é possível avaliar o impacto que ocorreria nas colocações das projetistas diante da nova prioridade hipotética. Essa análise de sensibilidade permite identificar *trade-offs* quando duas ou mais linhas de projetistas se interceptam. Essa situação é ainda mais importante se a interseção ocorre próxima das prioridades dos critérios objetivos. Quando nenhuma alternativa se intercepta, a alteração na prioridade do critério não terá efeito.

A Figura 21 permite a análise de sensibilidade do critério SSMA. A linha cheia vermelha (vertical) indica a prioridade atual de 0.361, conforme a Figura 18.

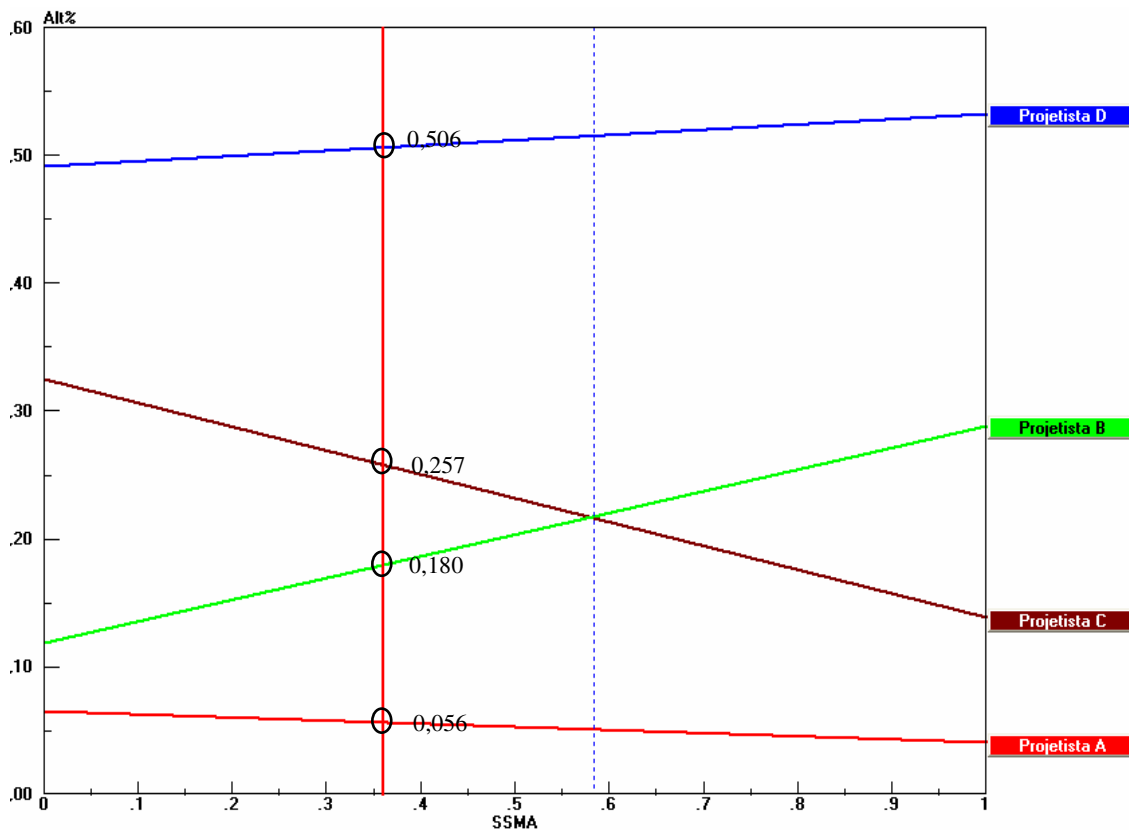


Figura 21 – Gráfico de Análise de Sensibilidade do Critério SSMA

Para tal, conforme ressaltado pelos círculos na interseção das linhas das alternativas e da prioridade do objetivo da Figura 21, as prioridades das projetistas A, B, C e D coincidem com aquelas exibidas na Figura 17: 0.506, 0.257, 0.180 e 0.056, respectivamente.

A linha tracejada azul da Figura 21 indica que, se a prioridade do SSMA fosse aumentada para cerca de 0.6, haveria alteração nas prioridades com troca de posição da projetista C com a B, de tal forma que esta última trocaria de terceira para segunda colocação. As projetistas A e D não teriam alteração nenhuma, porque não interceptam nenhuma outra linha de projetista.

A diminuição da prioridade atual do SSMA de 0.361, entretanto, não teria efeito. A distorção detectada na prioridade desse critério, conforme explicado anteriormente, não teria impacto na classificação final. Nota-se ainda, pelo eixo à

direita da Figura 21, que há um grande distanciamento da projetista D em relação às outras alternativas caso sua prioridade do SSMA fosse 1.0.

A Figura 22 permite a análise de sensibilidade do critério Qualidade Técnica, cuja prioridade atual de 0.244 é mostrada pela interseção da linha vermelha cheia com o eixo x, analogamente ao gráfico do SSMA.

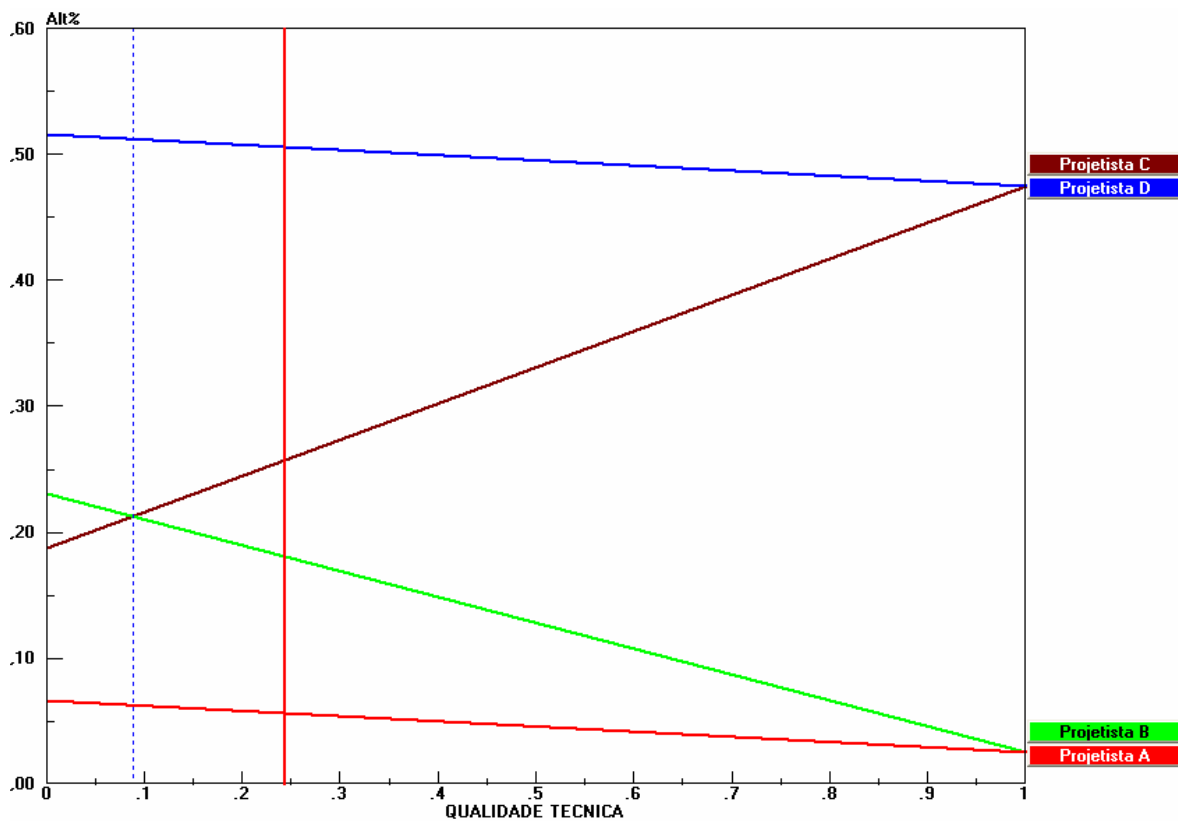


Figura 22 – Gráfico de Análise de Sensibilidade do Critério Qualidade Técnica

A Figura 22 indica que uma prioridade em torno de 0.8 levaria a projetista B para a segunda colocação. Entretanto, essa prioridade dificilmente seria razoável e aceitável. Portanto, com relação ao critério de Qualidade Técnica observa-se estabilidade no *ranking* das avaliadas.

Assim sendo, na prioridade atual de 0.244 há o distanciamento da projetista D em relação às outras, mas, na análise local (dentro do critério Qualidade Técnica), a projetista C tem a mesma qualificação que a projetista D, o que significa que as duas têm o mesmo desempenho nesse quesito.

A análise de sensibilidade do critério Tecnologia pode ser feita pela Figura 23.

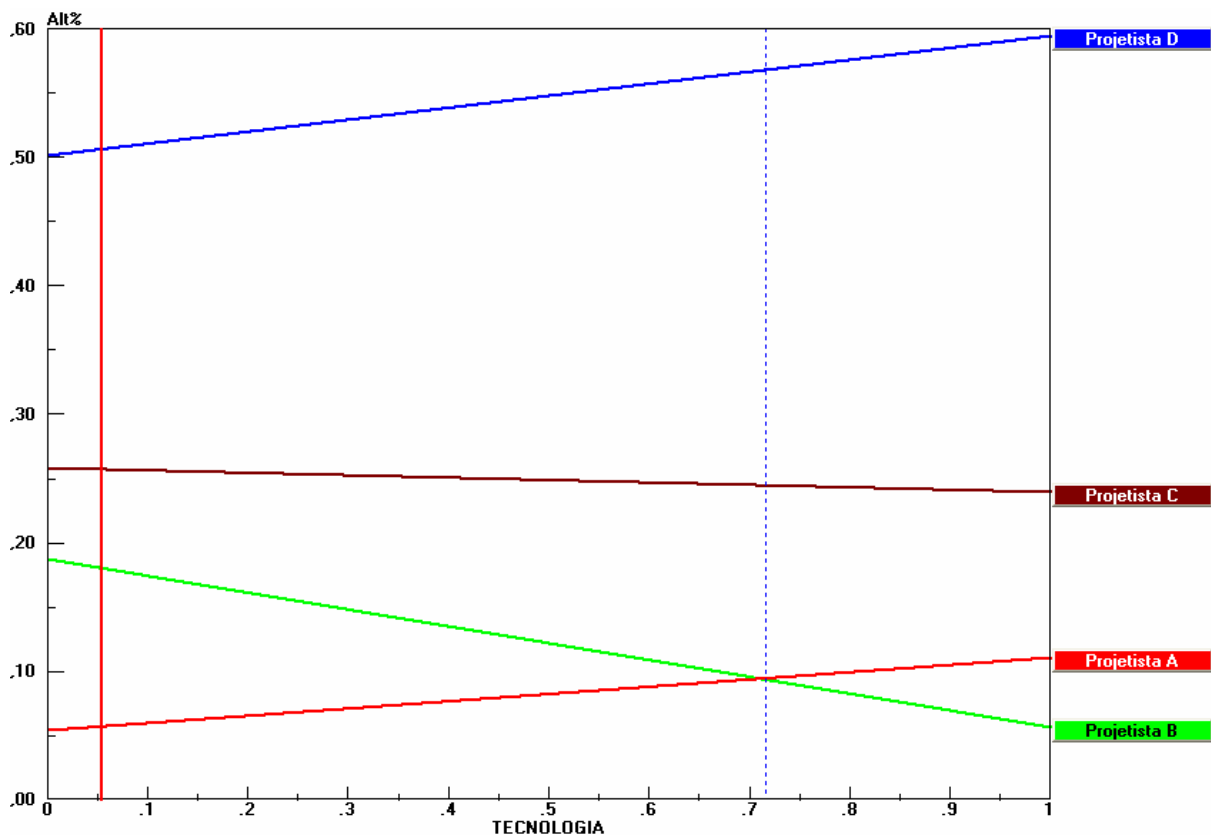


Figura 23 - Gráfico de Análise de Sensibilidade do Critério Tecnologia

Pelo gráfico, observa-se que haveria alteração na colocação final se a prioridade fosse acima de 0.72. As projetistas A e B trocariam as posições. Entretanto, a alteração de 0.055 para 0.72 é muito grande e não seria razoável devido às explicações feitas anteriormente neste capítulo ao analisar a prioridade do critério Tecnologia.

Da mesma forma que no SSMA, a correção da distorção de Tecnologia de 0.5% não é suficiente para alterar a classificação final, apenas para alterar as prioridades finais. No caso da projetista D, quanto maior é o peso do critério Tecnologia, mais firma a sua primeira colocação. Avaliando localmente este critério, a projetista D mantém novamente um considerável distanciamento, conforme pode ser observado no eixo à direita da Figura 23.

Os gráficos de Eficiência e Eficácia foram deixados para o final porque se percebeu um ponto de crítica relevante que levará a outras considerações.

A Figura 24 refere-se ao critério de Eficiência (otimização do uso dos custos do projeto). A linha tracejada azul indica que, com uma prioridade em torno de 0.64, a projetista B trocaria de posição com a projetista D, colocando-se em primeiro lugar na avaliação. No entanto, essa variação é alta e improvável de acontecer. Uma troca de posição de B com C poderia ocorrer com uma prioridade aproximada de 0.37.

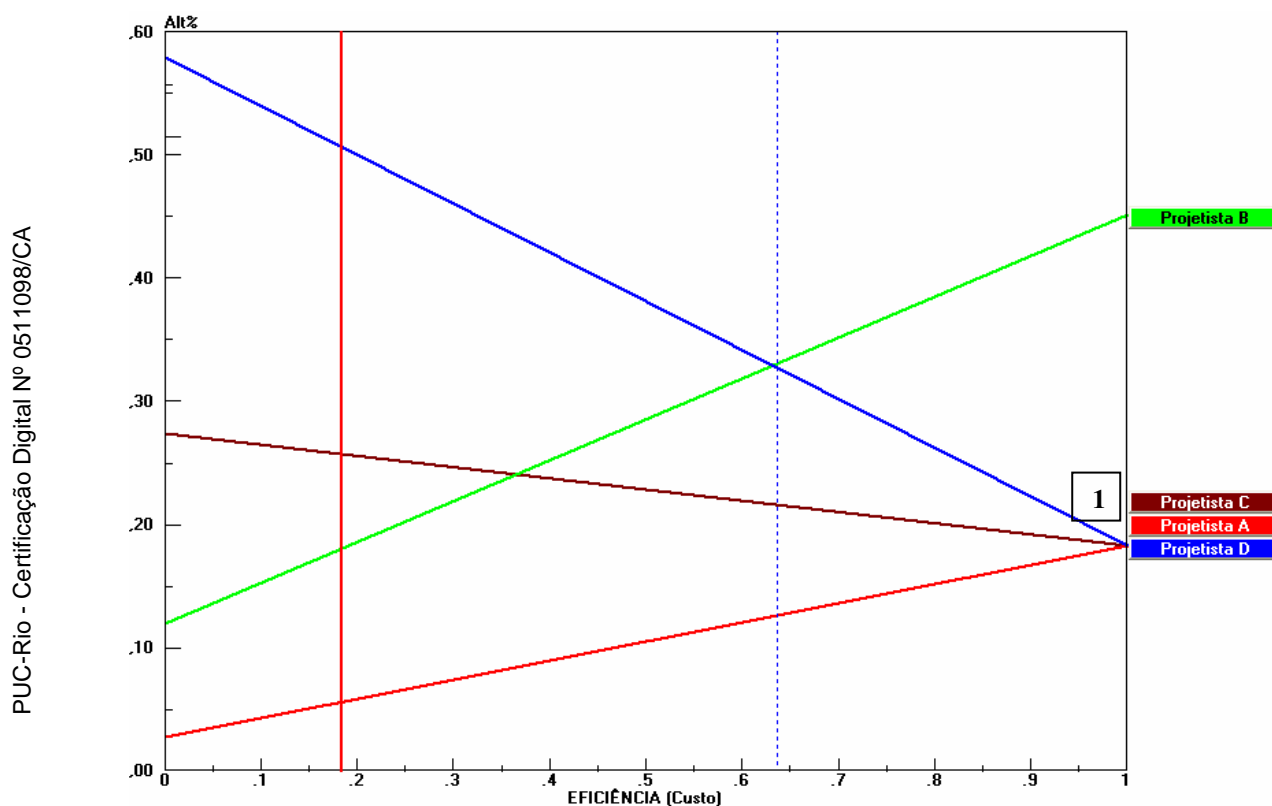


Figura 24 – Gráfico de Análise de Sensibilidade do Critério Eficiência

De forma análoga, foi realizada a análise de sensibilidade do critério Eficácia (cumprimento do escopo no prazo), segundo a Figura 25 ilustra. Nesse critério de Eficácia, não haveria efeito nenhum a não ser que a prioridade do critério fosse 1.0, o que levaria à igualdade de colocação de A e B. Portanto, pode-se considerar que, nesse quesito, o *ranking* é estável, com destaque da primeira colocada.

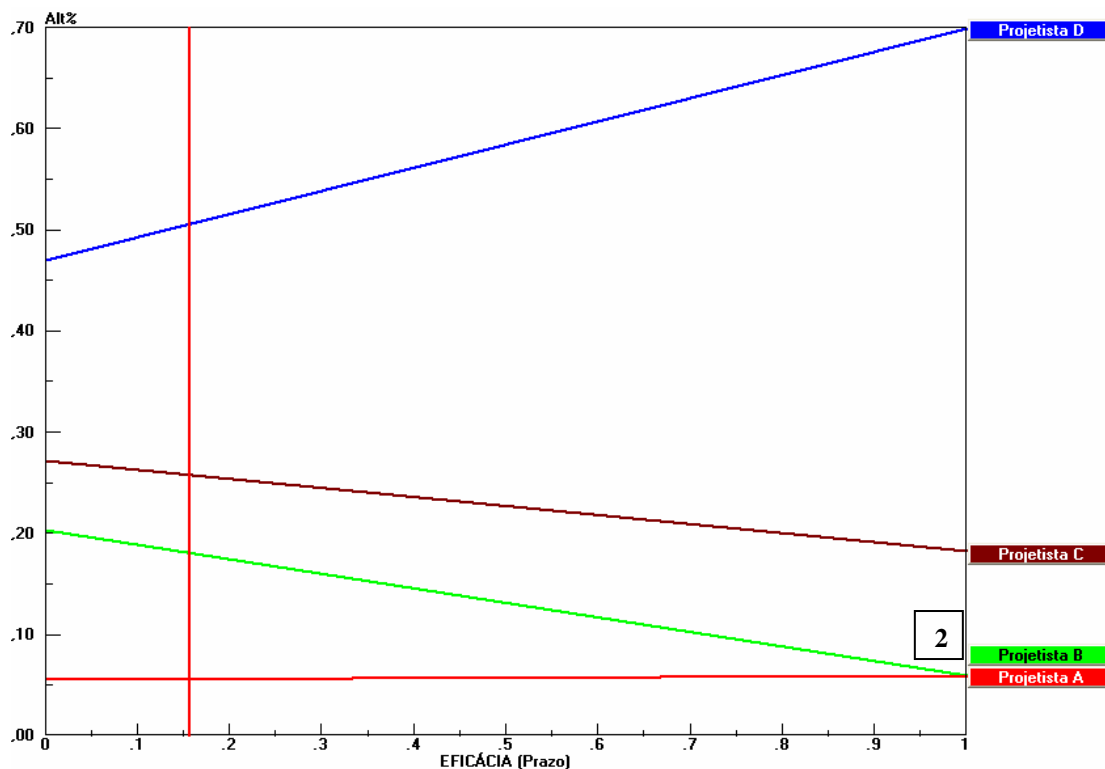


Figura 25 – Gráfico de Análise de Sensibilidade do Critério Eficácia

A partir dessas análises notou-se que talvez fosse uma simplificação excessiva dizer que as projetistas A, C e D seriam igualmente ineficientes, como a Figura 24 mostra no ponto 1. Como todas têm $CPI < 1$, a escala adotada com três intervalos de intensidade (>1 , <1 , $=1$) igualou-as num mesmo ponto. Da mesma forma surge a dúvida se A e B são igualmente ineficazes, conforme indicado no ponto 2 da Figura 25 em que A e B se encontram.

Assim, esses gráficos ressaltaram um ponto crítico na escala padrão dos critérios de Eficiência (otimização dos custos) e de Eficácia (atendimento ao prazo e ao escopo).

O questionamento é se alternativas com $SPI < 1$ ou $CPI < 1$ deveriam ter a mesma nota para o critério de Eficácia e de Eficiência. Apesar de ser uma forma direta e consagrada em gerenciamento de projetos para avaliar o atendimento de prazo (custo) conforme o previsto (orçado), no índice geral desenvolvido aqui essa poderia ser uma simplificação discutível, dependendo do objetivo do usuário.

Ou seja, pode não ser justa a avaliação de que uma empresa com $SPI = 0,95$ seja igualmente ineficaz a uma empresa com $SPI = 0,70$. As duas seriam ineficazes, mas uma com mais intensidade do que a outra.

Devido a essa ponderação, decidiu-se avaliar qual seria o impacto de se utilizar uma segunda opção de escala, que é quantitativa e em função do valor real do CPI e SPI, e não em função de >1 , <1 , $=1$. Estão sendo exibidas as duas opções porque pode haver a preferência por uma das duas. A primeira opção de escala seria a simplificação para uma avaliação individual. Essa escala seria útil quando não importa saber quão mais ineficaz ou ineficiente uma empresa é em relação à outra, simplesmente verificar se é ineficaz/ineficiente ou não. Isso porque o fato de ser ineficaz ou ineficiente pode ser suficiente para desqualificação pela não obtenção do sucesso planejado do projeto. Já a segunda opção de escala, apresentada a seguir, deveria ser feita quando é importante diferenciar a magnitude dos índices CPI e SPI das alternativas confrontadas para que não ocorra uma uniformização inadequada.

A Figura 26 mostra o resultado obtido considerando as escalas dos critérios de Eficácia e Eficiência como quantitativas (opção 2 de escala), e não somente dentro dos três intervalos >1 , $=1$, <1 (opção 1 de escala).

Alternative	Total	RATINGS SSMA (L: .361)	RATINGS QUALIDADE TECNICA (L: .244)	RATINGS EFICÁCIA (Prazo) (L: .157)	RATINGS EFICIÊNCIA (Custo) (L: .184)	RATINGS TECNOLOGIA (L: .055)
<input checked="" type="checkbox"/> IDEAL	.000					
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista.D	.890	A	Excelente	.710	.650	Excelente
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista.A	.230	E	Insuficiente	.600	.460	Boa
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista.B	.404	B	Insuficiente	.440	.660	Regular
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista.C	.575	C	Excelente	.670	.600	Ótima

Figura 26 – Prioridades Não Normalizadas – Opção 2 de Escala

Alternative	Priority	Total	RATINGS SSMA (L: .361)	RATINGS QUALIDADE TECNICA (L: .244)	RATINGS EFICÁCIA (Prazo) (L: .157)	RATINGS EFICIÊNCIA (Custo) (L: .184)	RATINGS TECNOLOGIA (L: .055)
<input checked="" type="checkbox"/> IDEAL		.000					
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista.D		.424	A	Excelente	.710	.650	Excelente
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista.A		.109	E	Insuficiente	.600	.460	Boa
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista.B		.193	B	Insuficiente	.440	.660	Regular
<input checked="" type="checkbox"/> Projetista.C		.274	C	Excelente	.670	.600	Ótima

Figura 27 – Prioridades Normalizadas – Opção 2 de Escala

Pode-se observar que, com essa reconsideração da escala dos critérios de Eficiência e Eficácia, as notas não normalizadas de todas as projetistas aumentaram. A prioridade da intensidade “<1” para os dois critérios estava bastante severa, o que minorava as notas.

Essa reavaliação gerou a Figura 28 e a Figura 29. O mais interessante dessa nova ponderação foi observar que a escala limitada a >1 , <1 e $=1$ pode ser injusta com uma das avaliadas. Prova-se isso pela proximidade de 1,5% da eficiência entre as projetistas B e D que, na opção 1 de escala, passa despercebida. A Figura 24 confirma essa desconsideração ilustrando a possibilidade de reversão de classificação para uma prioridade em torno de 0.64. Contrapondo, a Figura 28 mostra que, precisamente, essa troca de posição só ocorreria em torno de 1.0. De qualquer maneira, a mudança até 0.64 é improvável de incidir, assim como a mudança até 1.0 também seria.

Ao mesmo tempo, apesar do CPI da projetista D ser < 1 (0.667 corresponde a 1 normalizado), seu valor normalizado é 44,4% maior do que a eficiência da projetista A. Entretanto, na opção 1 de escala, as duas são avaliadas igualmente como CPI <1 , como o ponto 1 da Figura 24 ressalta. Com relação à C, a projetista D é em torno de 8,7% mais eficiente e B é 10% mais eficiente. Pela Figura 28, B teria a segunda colocação somente com 0.82 de prioridade, possível pela proximidade das prioridades do subcritério CPI de B e C, diferentemente do que a Figura 24 ilustra, que é a troca de posição de B com C já com prioridade 0.37. Isso se justifica pelo fato de a opção 1 de escala considerar que o CPI=1 de B é muito melhor do que o CPI < 1 de C. Avaliando pelos valores reais, o CPI de B é somente 10% melhor do que o CPI de C. Ainda assim, nas duas opções de escala as interseções estão ocorrendo longe da prioridade 0.184 de Eficiência.

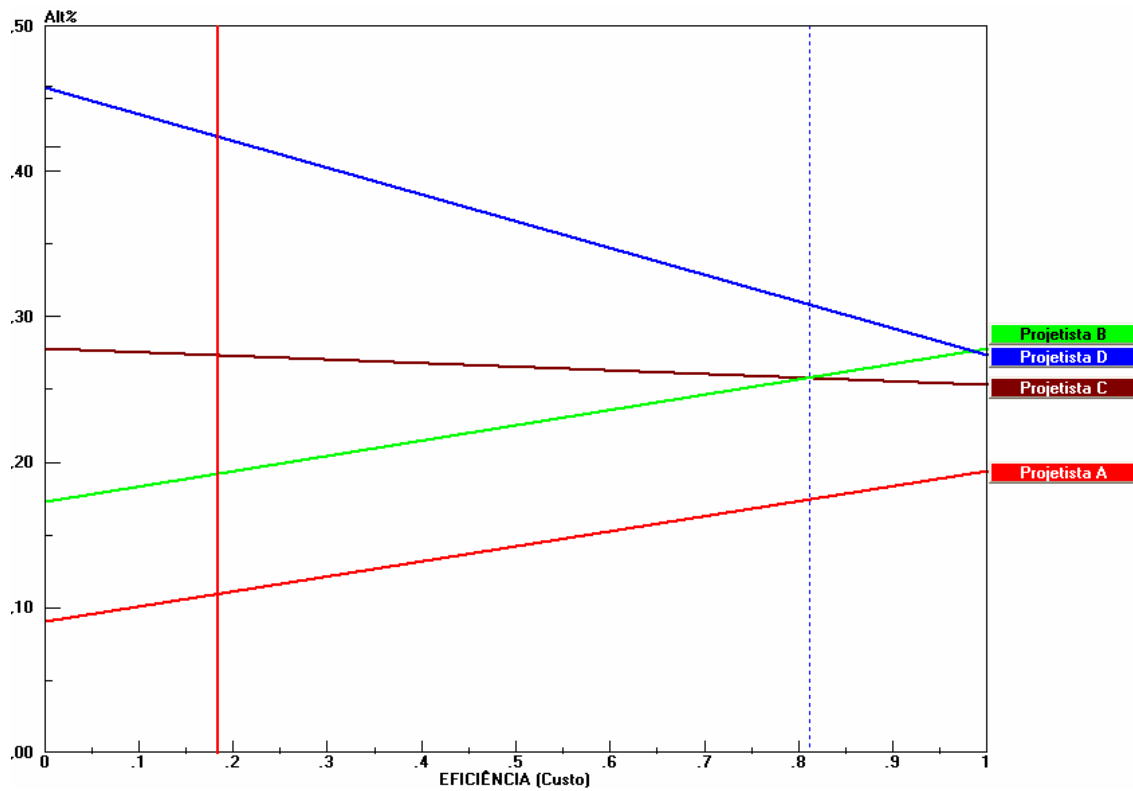


Figura 28 – Gráfico de Análise de Sensibilidade do Critério Eficiência com Opção 2 de Escala

Da mesma forma, a projetista A é 36% mais eficaz do que a B, o que também foi desconsiderado e padronizado como $SPI < 1$ na Figura 25 (ponto 2). A Eficácia de A, apesar de abaixo de 0,667 (equivalente a $SPI = 1$), está 36% acima de B. No entanto, isso não é retratado na escala padrão $>1, <1, =1$. Já a Figura 29 mostra que poderia haver troca na colocação de A por B pela escala mais precisa, caso a prioridade ficasse entre 0.6 e 0.65. As projetistas C e D não sofreriam nenhuma alteração de posição em nenhuma das opções de escala.

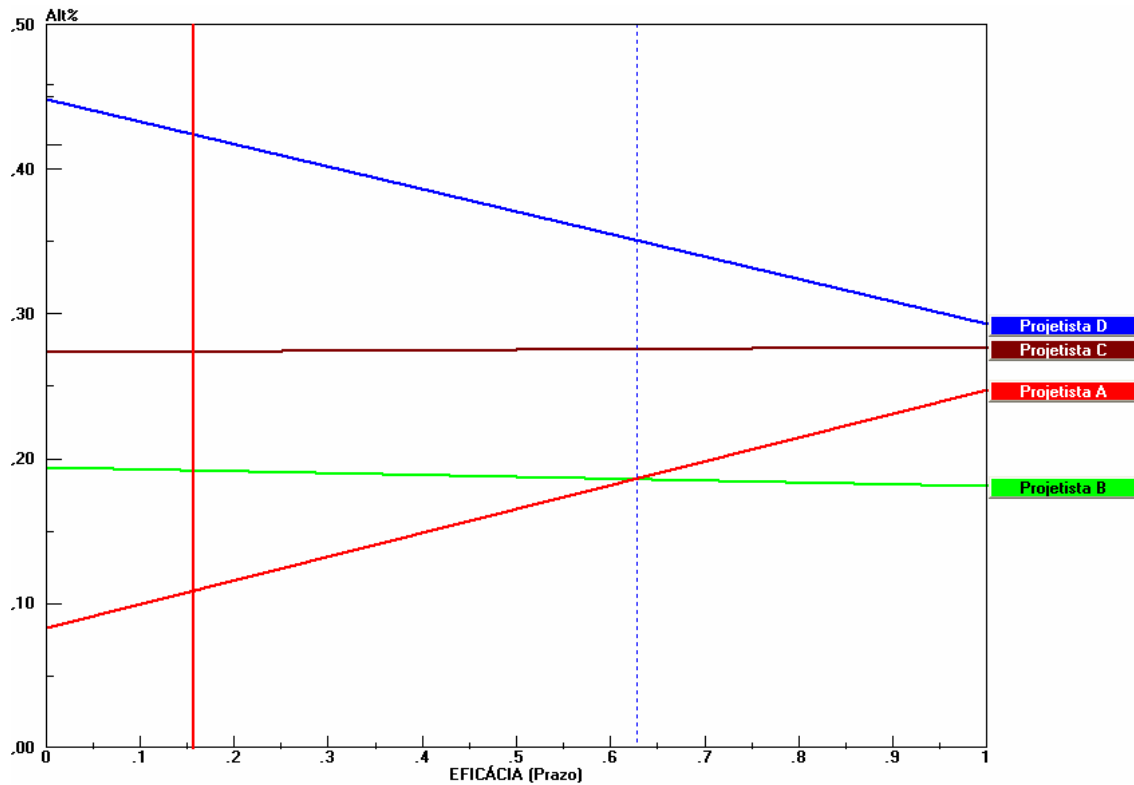


Figura 29 - Gráfico de Análise de Sensibilidade do Critério Eficácia com Opção 2 de Escala

No estudo em questão seria mais apropriado o uso da escala com valores reais do SPI e CPI normalizados de cada projetista para obter maior exatidão, conforme justificado nos parágrafos anteriores. Entretanto, como as interseções não ocorrem próximas às prioridades dos critérios qualificadores, conclui-se que apenas com grandes variações nas prioridades dos critérios qualificadores é que poderiam ocorrer reversões no *ranking*. O mesmo ocorre com a primeira escala, cujos gráficos não apresentam interseções próximas às prioridades dos critérios.

Logo, somente expressivas diferenças entre os índices CPI e SPI das alternativas seriam significativas na avaliação através da segunda opção de escala. Porém, se o interesse for uma avaliação não comparativa, ou seja, se o objetivo é saber se uma alternativa é ineficaz/ineficiente ou não, individualmente, sem importar qual a intensidade relativa entre alternativas, então a primeira escala, >1 , <1 e $=1$ atende a necessidade de avaliação.

7.4.

Análise Gráfica da Classificação Geral das Projetistas

Para finalizar as análises de sensibilidade, serão exibidos gráficos bidimensionais.

Essa análise de sensibilidade refere-se ao desempenho de dois objetivos, um representado no eixo x e outro no eixo y. A área do gráfico é dividida em quadrantes. As alternativas mais favoráveis definidas pelo modelo são mostradas no quadrante direito superior (quanto mais próximo ao canto superior direito, melhor). Inversamente, as alternativas menos favoráveis serão mostradas no quadrante esquerdo inferior. As alternativas situadas no quadrante inferior direito e superior esquerdo indicam os *trade offs* e onde há conflito entre os dois objetivos selecionados.

A comparação entre SSMA e Qualidade Técnica resultou na Figura 30. A projetista A está retratada no quadrante mais desfavorável, visto que não foi bem avaliada em nenhum dos dois critérios. Com relação à Qualidade Técnica, havia 10 RNCs, que é o subcritério de maior peso. Com relação à SSMA, a nota foi muito baixa pelo desconhecimento do documento de verificação de requisitos legais da Alunorte e por não possuírem as normas legislativas. Uma projetista que desconhece as leis de segurança e meio ambiente provavelmente não tem uma boa qualidade na execução dos projetos. Nessa mesma situação encontra-se a projetista B, muitas RNCs e alheamento das normas vigentes de ambiente e segurança. A projetista C encontra-se no meio do caminho, com boa qualidade, isto é, zero RNCs, boa qualidade da documentação, número de documentos aprovados sem comentários admissível, mas com desconhecimento dos aspectos do SSMA, o que levou a uma má avaliação neste último critério. A projetista D mostrou-se exemplar no entendimento, no interesse e na posse de normas ambientais. A equipe do projeto tem envolvimento, por isso recebeu uma nota A para SSMA. Além disso, a projetista não possuía RNCs, tinha boa percepção de qualidade da documentação pelo cliente Alunorte e aceitável número de documentos aprovados sem comentários.

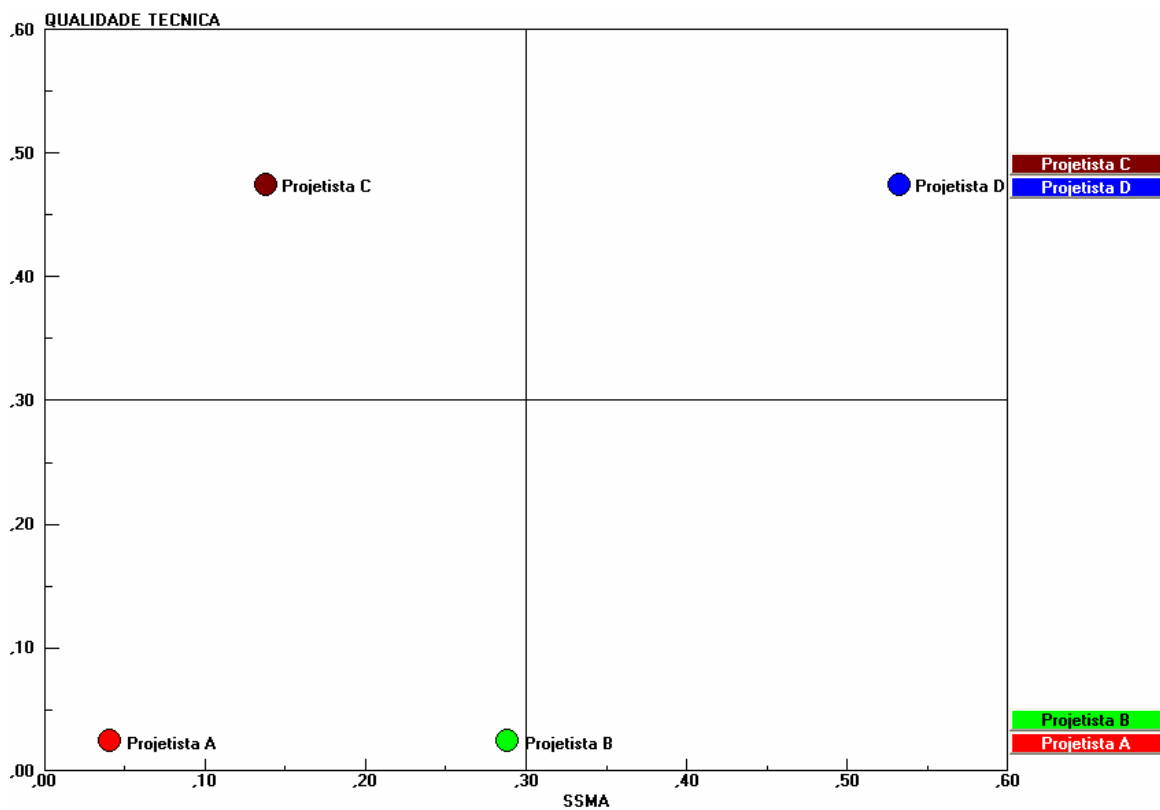


Figura 30 – Gráfico SSMA versus Qualidade Técnica

Assim, este gráfico destaca como a cultura e preocupação ambiental não estão absorvidas em $\frac{3}{4}$ das projetistas contratadas. Este trabalho mostra às avaliadas a necessidade de melhoria nesse aspecto, porque é qualificador para o cliente.

Em parte a justificativa seria o preço das normas ambientais, que pode chegar a \$10.000 no total e muitas projetistas não querem absorver esse custo. Como a Alunorte se associou a ABNT, as normas poderiam ser utilizadas por eles normalmente, mas é uma questão de cultura e experiência das projetistas.

No caso da projetista D, devido a experiências anteriores e aprendizado, a equipe envolve-se totalmente. Participaram da reunião de SSMA todos da equipe e a maquete eletrônica (PDS) foi útil para percorrer e verificar itens importantes da fábrica. Isso mostra como a tecnologia pode fazer diferença não só na qualidade de desenhos, mas também na avaliação de SSMA.

Esses primeiros contatos de auditorias investigam o tipo de comportamento, que certamente reflete a seriedade na aplicação das normas de segurança no projeto.

Incluindo-se o critério Eficiência nessa análise, obtém-se a Figura 31. Esse gráfico mostra que a projetista A foi a pior para atingir a eficiência no uso dos valores orçados nos contratos até o período de análise. Isto é, a empresa A foi ineficiente no uso dos seus profissionais e o valor agregado pelas horas trabalhadas não foi suficiente para tornar o $CPI = 1$. O ideal seria não ter havido tantas horas gastas para pouca agregação de valor (o contrato é baseado em homem hora). Isto indica que o escopo não será cumprido com o valor do contrato. Realmente, o contrato está em processo de solicitações de mudanças de escopo para receber mais dinheiro pelo que ainda tem por fazer.

A projetista B, apesar da baixa qualidade refletida pelo índice desenvolvido na pesquisa, apresentou eficiência justa, com $CPI=1$, porque o valor pago está sendo compatível com o valor agregado. Para o tipo de contrato de B, o pagamento é proporcional ao progresso físico mensal.

A empresa C teve um CPI menor do que 1, como mostra a Figura 17. Calcula-se um aumento no preço do homem hora real em torno de \$13 com relação ao preço do homem hora orçado. Isso significa que a empresa usou profissionais mais caros, porém o progresso foi pequeno. Apesar da boa qualidade técnica, houve pouca agregação de valor referente ao custo real do serviço.

A empresa D teve um índice CPI um pouco abaixo de 1 devido a um ligeiro aumento no preço do homem hora orçado. Esse resultado é positivo porque o progresso físico do mês de análise foi maior do que o previsto, denotando que foi válido usar profissionais mais caros.

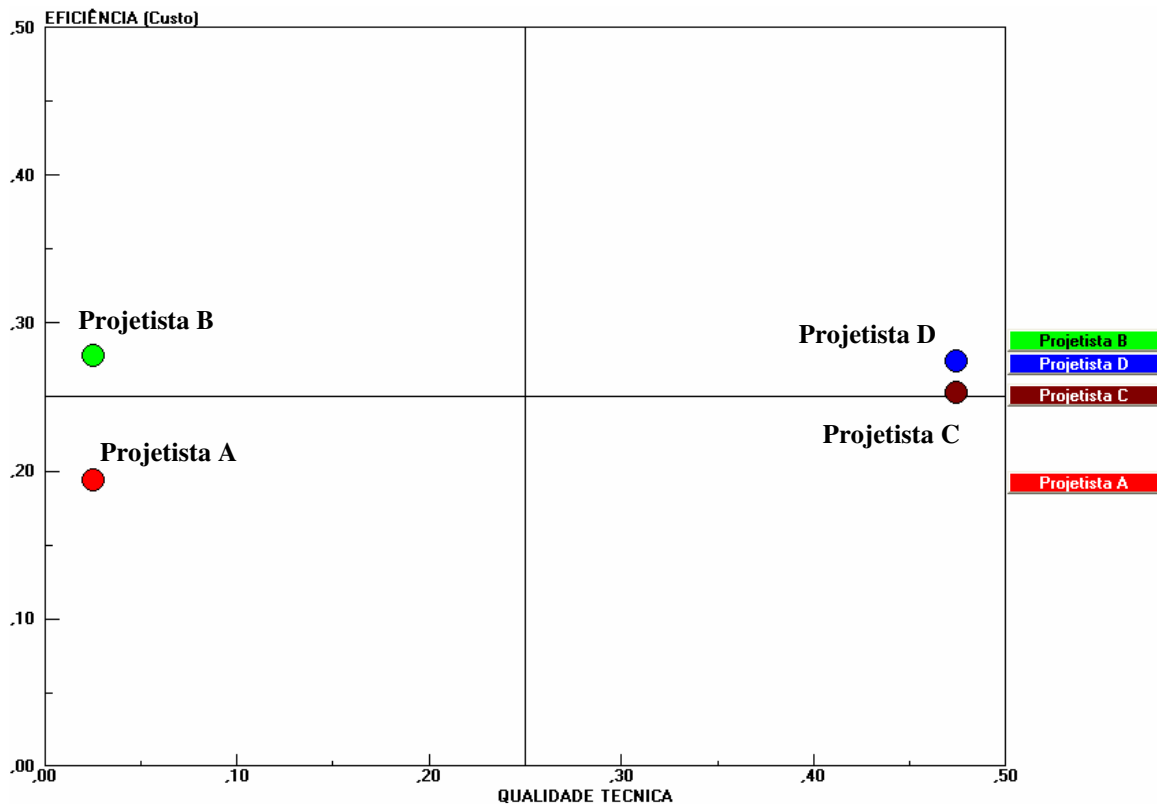


Figura 31 – Gráfico Qualidade Técnica *versus* Eficiência

A Figura 32 ilustra a comparação gráfica entre Tecnologia e Eficácia. A relação entre elas pode ser direta ou indireta, ou seja, a tecnologia ajuda no desenvolvimento de projetos de forma mais eficaz, entretanto, a tecnologia não é suficiente para garantir a eficácia. Ainda assim, o investimento em tecnologia é válido, porque representa um diferencial, conforme a

Figura 33 reflete. De forma análoga à relação entre Tecnologia e Eficácia, somente a disponibilidade de tecnologia não é suficiente para a qualidade técnica, mas pode ser potencializadora se existe o conhecimento técnico como respaldo. É o caso da projetista D, que se encontra no quadrante superior direito. Verifica-se a situação oposta para A e B.

No caso de isométricos, que são desenhos de tubulação, o uso do programa PDS (*Plant Design System*), um *software* que permite visualização em 3D de toda uma estrutura, é uma vantagem. O exemplo concreto está na execução de uma lista de materiais pela projetista D com 65 mil linhas e apenas 3 erros. A projetista A, que não possui esse *software*, numa lista de 100 linhas, teve 60 erros.

Quanto à análise de interferências para instalações elétricas, esse mesmo *software*, o PDS, representa um diferencial e torna a projetista D como um referencial de nota máxima. Além disso, caso a Alunorte não possuísse um programa para controle de materiais interno, a projetista D poderia usar o seu próprio.

Outro ponto a se levantar é o controle de documentação. Num projeto de engenharia com tamanho volume de documentos, o controle é essencial. A projetista D apresenta esse domínio através do uso de programa, enquanto que a projetista A utiliza os diretórios para armazenar seus projetos. Essa forma de registro permite que seus profissionais alterem os documentos sem outros tomarem conhecimento.

A projetista C também é bem conceituada com relação à Tecnologia, não possui tanto investimento em ferramentas de TI, mas seus serviços atendem as necessidades da Alunorte e seus profissionais são bem qualificados. Embora não tenha uma excelente Tecnologia, a empresa C tem uma excelente Qualidade Técnica. A empresa C sofreu aditivo de prazo devido a atrasos por parte do atraso no edital das obras civis e considerou-se um $SPI=1$.

Apesar da projetista A não ter atingido a máxima eficiência no uso dos valores orçados nos contratos até o período de análise, essa atingiu uma eficácia razoável, próxima de $SPI=1$. Pela coleta de informações do contrato constata-se que essa eficácia foi atingida por causa de aditivo do cronograma efetuado, necessário por problemas de fornecedores da Alunorte ao longo do projeto.

A empresa B foi eficiente segundo o CPI, mas não foi eficaz segundo o SPI. De fato, o contrato sofrerá aditivo de prazo, mas ao menos o valor pago está sendo compatível com o valor agregado. A empresa B certamente está se prejudicando, pois está recebendo numa taxa menor do que o esperado (o pagamento deste contrato é proporcional ao progresso físico).

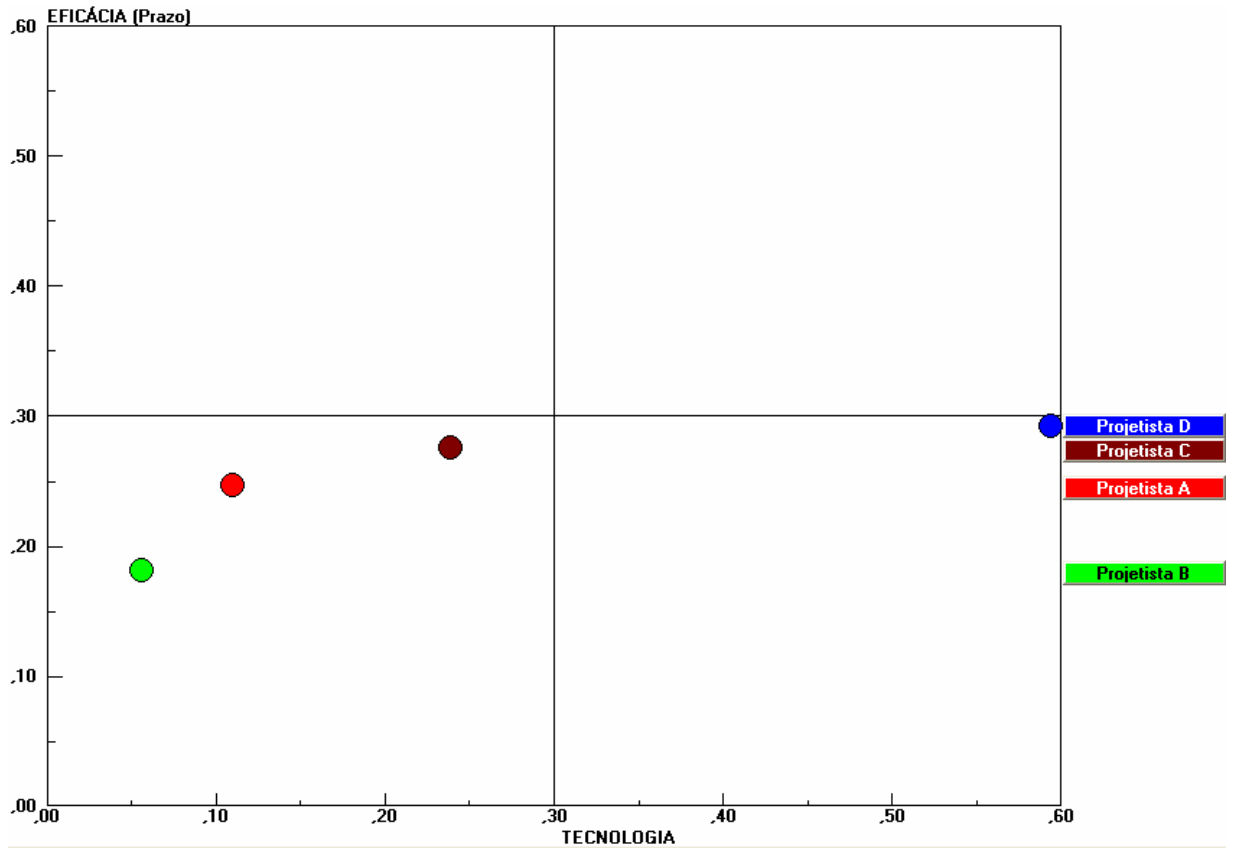


Figura 32 – Gráfico Tecnologia versus Eficácia

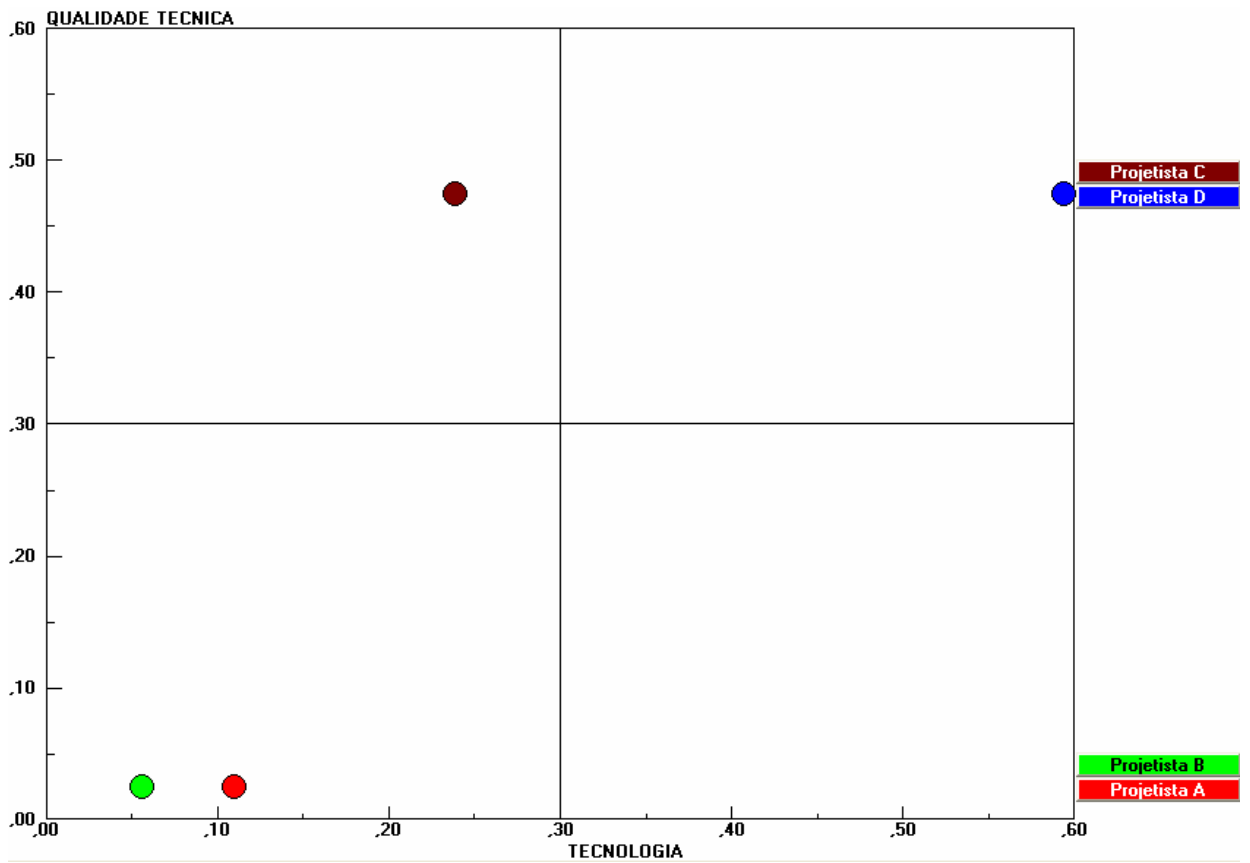


Figura 33 – Gráfico Tecnologia versus Qualidade Técnica

7.5. Considerações

Este capítulo apresentou os resultados juntamente com as análises de sensibilidade e com as críticas comparativas. Os resultados gerados para a classificação das projetistas foram consistentes por refletirem a realidade observada na unidade de análise e por atenderem o limite do índice de consistência do AHP de 0.1. Sob essa mesma sistemática, as prioridades dos critérios e subcritérios foram também coerentes. Um aspecto importante que reforça a validade dos julgamentos e, portanto, dos resultados obtidos, é a experiência média de 24 anos dos profissionais que participaram da pesquisa, através dos questionários e de comentários enriquecedores.

Além disso, a equipe tem a percepção bem consolidada sobre as projetistas A, B e D, porque trabalham com estas desde a expansão anterior – expansão 2 – da Alunorte. A projetista C teve menor contato do que as outras, por ter sido contratada somente para o projeto atual de expansão 3.

Convém mencionar que a empresa A está enfrentando projeto novo, ao passo que a empresa D está executando um projeto repetido, isto é, já realizado na expansão anterior e o está adaptando. Assim, as chances de acerto são maiores, porque as soluções de engenharia para esse tipo de empreendimento são complexas e problemas imprevisíveis surgem. Ainda assim, foi possível destacar os pontos fortes da projetista D para divulgação do que existe de boa qualidade, porque há aspectos que independem de ser uma adaptação de projeto, como comprometimento da equipe, qualidade da equipe e aquisição de tecnologias modernas. Também é importante ressaltar que uma empresa apropriada para projetos de grande porte ou empreendimentos pode não ser apropriada para projetos pequenos e vice-versa. Assim, aquelas bem qualificadas pelo índice dessa pesquisa podem ser muito caras pela qualificação e administração para um projeto de um único prédio, por exemplo. Portanto, uma pior classificação pelo índice desse trabalho pode indicar que a empresa não é estruturada para um projeto de grande porte, mas que a mesma pode ser mais adequada para uma concepção

menos complexa do que aquela com boa avaliação num empreendimento complicado.

O método de avaliação desenvolvido e testado no presente estudo de caso traz benefícios para ambas as partes. A Engenharia da Alunorte e as projetistas são favorecidas tanto pelo auto-conhecimento quanto pela comunicação de características internas de forma mútua.

A vantagem da priorização de critérios e de subcritérios é o conhecimento por parte da Alunorte sobre o que sua equipe de Engenharia considera como competências necessárias para a qualidade de um projeto de engenharia industrial. Além disso, torna-se possível divulgar para as empresas de projetos contratadas o que é importante para o cliente Alunorte e, provavelmente, para outros clientes com empreendimentos semelhantes. Por exemplo, esse capítulo mostrou que há empresas que desconhecem quão importante é o critério Segurança, Saúde e Meio Ambiente (SSMA) para a Alunorte. Assim, a partir desse índice desenvolvido, a área de Engenharia estudada poderá adotar uma posição firme com relação às suas prioridades no momento de contratação, mostrando que há um fundamento por trás.

A vantagem da avaliação das projetistas com atribuição de notas parciais e de um índice sintetizado é o auto-conhecimento por parte das empresas de projetos e a descoberta das características de suas contratadas por parte da Alunorte. Como a estrutura hierárquica desmembra o problema em outros de menores proporções, é possível identificar pontos fortes e fracos das empresas avaliadas. Por exemplo, pode-se utilizar a melhor classificada como referência para destacar em que pontos as demais poderiam melhorar.

A aplicação do índice pode ser mensal – para o controle – ou numa frequência menor – para avaliação estática de projetos finalizados.