

Lista no. 6 – Risco de custo e prazo

Grupo: Alexandre Filgueiras Costa, Cristianna Madeira de Ferran, Eduardo Chiote e Stella Queiroz

Um novo prédio deve ser construído por um consórcio para um cliente. O projeto pode ser dividido em 7 seções como mostrado abaixo. O cliente deseja ver o resultado da análise de risco do prazo e do custo e da interdependência entre prazo e custo da obra.

Seção 1 – Projeto

O projeto detalhado demora (14,16,21) semanas, porém o arquiteto imagina que existe uma chance de 20% do cliente exigir alterações no projeto que implicam num prazo adicional de (3,4,6) semanas. O grupo de arquitetura cobra 160.000 fixo, mas requer um adicional de 12.000 por semana para qualquer tipo de retrabalho.

Seção 2 – Terraplanagem

O local deverá ser nivelado. Esta tarefa pode começar imediatamente após a assinatura do contrato. A terraplanagem vai demorar (3,4,7) semanas a um custo de (4.200,4.500,4.700) por semana. Existe um risco que a terraplanagem revele a presença de artefatos que irão requerer uma inspeção arqueológica complexa antes que o trabalho de construção possa continuar. Conhecimento sobre o local indica que existe uma probabilidade de 30% de encontrar artefatos arqueológicos, o que neste caso, implicaria em um tempo de inspeção de (8,10,14) semanas.

Seção 3 – Fundações

O trabalho de fundação pode ser iniciado assim que a terraplanagem termine e levará (6,7,8) semanas. O custo estimado é de (2.800,3.300,3.300) por semana para mão de obra e de (37.000,38.500,40.000) de materiais.

Seção 4 – Estrutura

Os componentes estruturais do prédio (pisos, pilares, cobertura) podem ser iniciados, dependendo do tempo (3,4,6) semanas após o término do trabalho da fundação. O prédio possui três pisos iguais, sendo que o construtor estima que cada um deles pode ser construído em (4,4,5,6) semanas dependendo das condições do tempo. Cada piso custa (4.700, 5.200, 5.500) por semana de trabalho e (17.200, 17.500, 18.000) de material, dependendo do projeto final detalhado. O telhado tomará (7,8,10) semanas por um preço fixo de 172.000.

Seção 5 – Envoltória

A trabalho na envoltória (paredes, janelas e portas externas) o de ser iniciado 3 semanas depois do primeiro piso ter sido terminado. A estimativa para o custo de material é de (36.000, 37.000, 40.000) por piso dependendo do projeto final de arquitetura. O piso térreo vai necessitar de portas de segurança que custam 9.800, a mão de obra da envoltória será fornecida por uma empresa de construção a um preço fixo de 197.000 que estima que cada piso deve demorar (7,8,9) semanas para ser completado, dependendo das condições do tempo. Entretanto como esta empresa foi comprada por uma empresa maior, existe uma chance de 10% que o novo dono não aceite o contrato.

Neste caso, a solução alternativa é utilizar uma segunda empresa que apresentou uma cotação de para o trabalho com uma estimativa de (6,8,11) semanas de duração para cada piso.

Seção 6 – Serviços e acabamento

Os serviços (encanamento, eletricidade, cabeamento para computadores) e o acabamento podem ser iniciados assim que cada piso estiver terminado. O arquiteto foi solicitado a fazer duas estimativas para o acabamento: a) um acabamento espartano e funcional e b) opulento e vistoso. O cliente deseja a opção (b) mas reconhece que existe uma chance de 5% dela ser vetada pelo Conselho Diretor da empresa.

A opção espartana custa (92.000,95.000,107.000) enquanto que a opulenta custaria (106.000,112.000,114.000). Os serviços devem tomar (8,10,13) semanas, enquanto que o acabamento demora (9,11,13) para cada piso.

Seção 7- Finalização

São necessárias duas semanas depois de todo o trabalho ser completado para a limpeza do local e teste dos serviços a um custo de 4.000. Imagina-se que existe uma chance de 40% da empresa contratada para os serviços ser chamada para acertos que tomarão (0.2,2,5) semanas. Além disto, existe uma chance de 5% dela ser chamada uma segunda vez resultando em mais um atraso de (0.5,1,1.5) semanas.

Resolução:

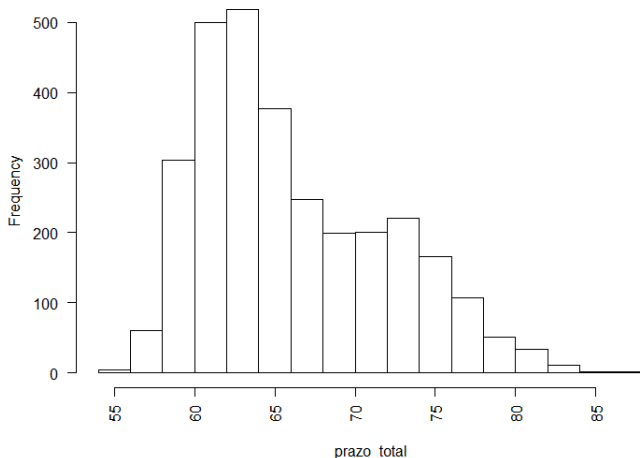
O problema consiste em:

1. gerar valores de duração e custo para cada uma das sete seções sequenciais que compõem a obra de acordo com suas distribuições triangulares especificadas no enunciado
2. sortear a ocorrência dos eventos, quando necessário, obedecendo as probabilidades de ocorrência
3. calcular estimativas para os prazos e custos totais de realização da obra
4. demonstrar a interdependência entre prazo e custo da obra (relação entre custos e prazos de cada atividade com o total)
5. demonstrar o impacto de cada atividade no prazo e custo total de obra

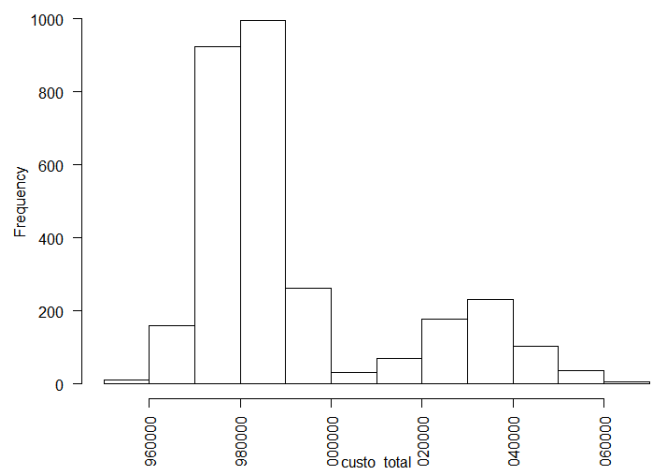
Foram feitas 3000 simulações para obter estimativas de cada uma das etapas acima para que fosse possível encontrar a distribuição de probabilidade aproximada do prazo e do custo de construção do prédio. Obteve-se duas matrizes com 3000 linhas e 7 colunas, uma para prazos e outra para custos, onde a soma de cada linha representava a estimativa do total para a obra.

Para determinar as distribuições de probabilidade do prazo e custo de construção, foram feitos histogramas das 3000 estimativas obtidas. Verificou-se que as simulações geraram distribuições que não podem ser consideradas Normais. Isto se deve ao fato de que os eventos que podem ou não ocorrer em cada seção comprometem a normalidade da distribuição, já que suas probabilidades de ocorrência não são descritas por distribuições Normais. Assim, apesar de estarmos lidando com a combinação de variáveis com distribuição Triangular, sua soma não resulta em uma variável aleatória Normal, pois tem a influência de variáveis com distribuição Bernoulli, portanto não se pode utilizar o resultado do TCL. O prazo total tem média 66,3 semanas e desvio-padrão de 5,9 semanas, enquanto o custo total tem média R\$ 991237,10 e desvio-padrão de R\$ 22635,67.

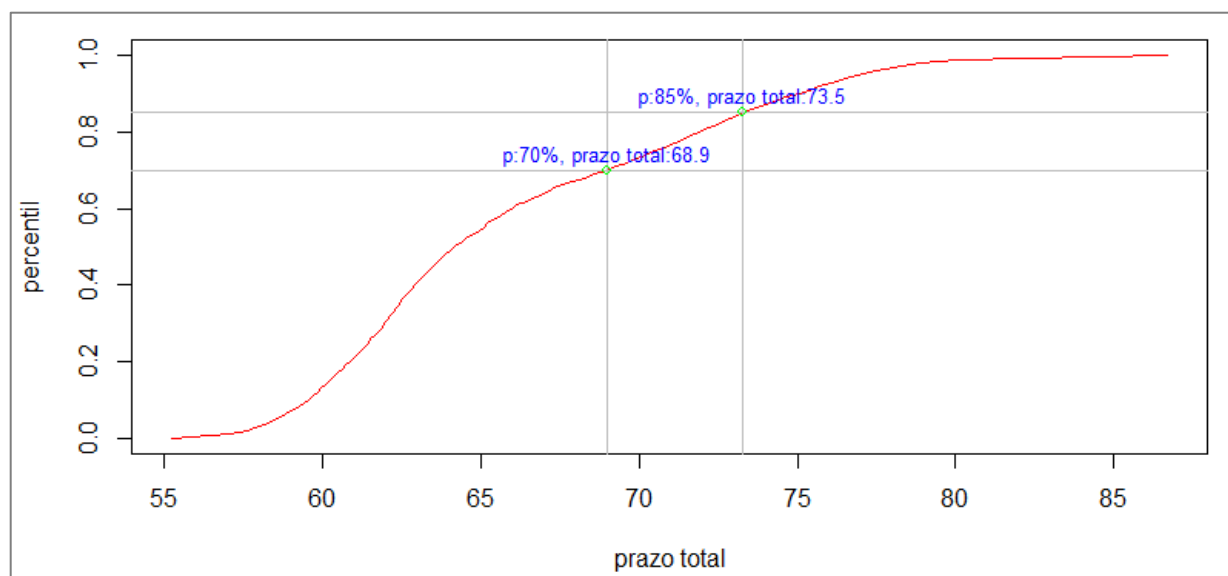
Histograma do Prazo Total



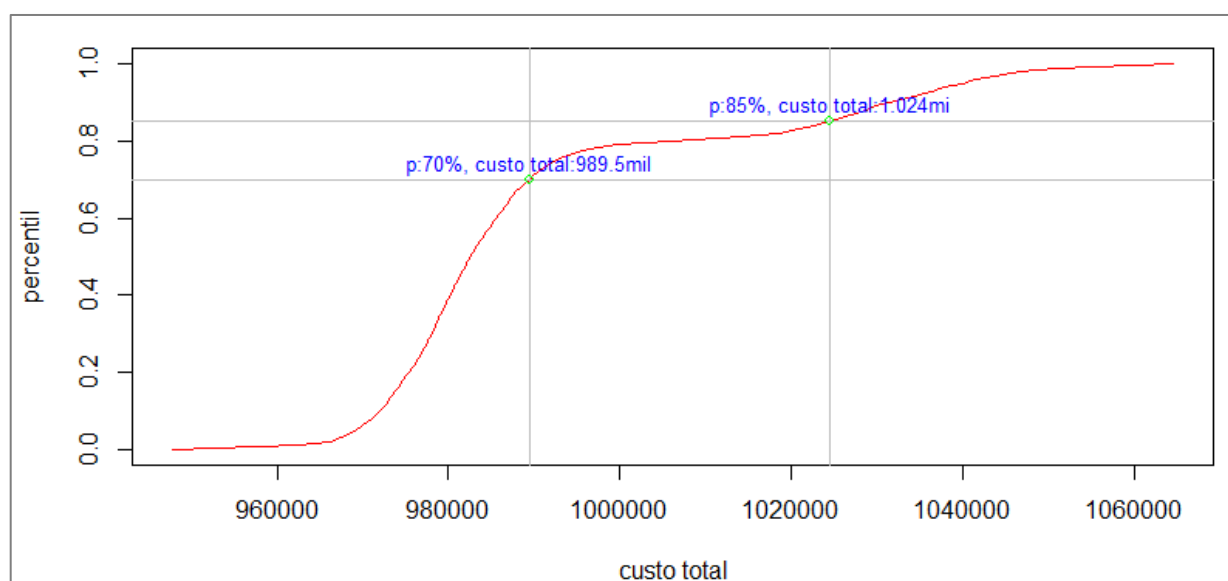
Histograma do Custo Total



O gráfico de percentis abaixo mostra que, aceitando um risco de 15%, o prazo total da construção deve ficar entre 55 e 74 semanas, podendo chegar a 87 nos demais casos. Se for aceito um risco de até 30%, o prazo estimado deve ser entre 55 e 69 semanas.



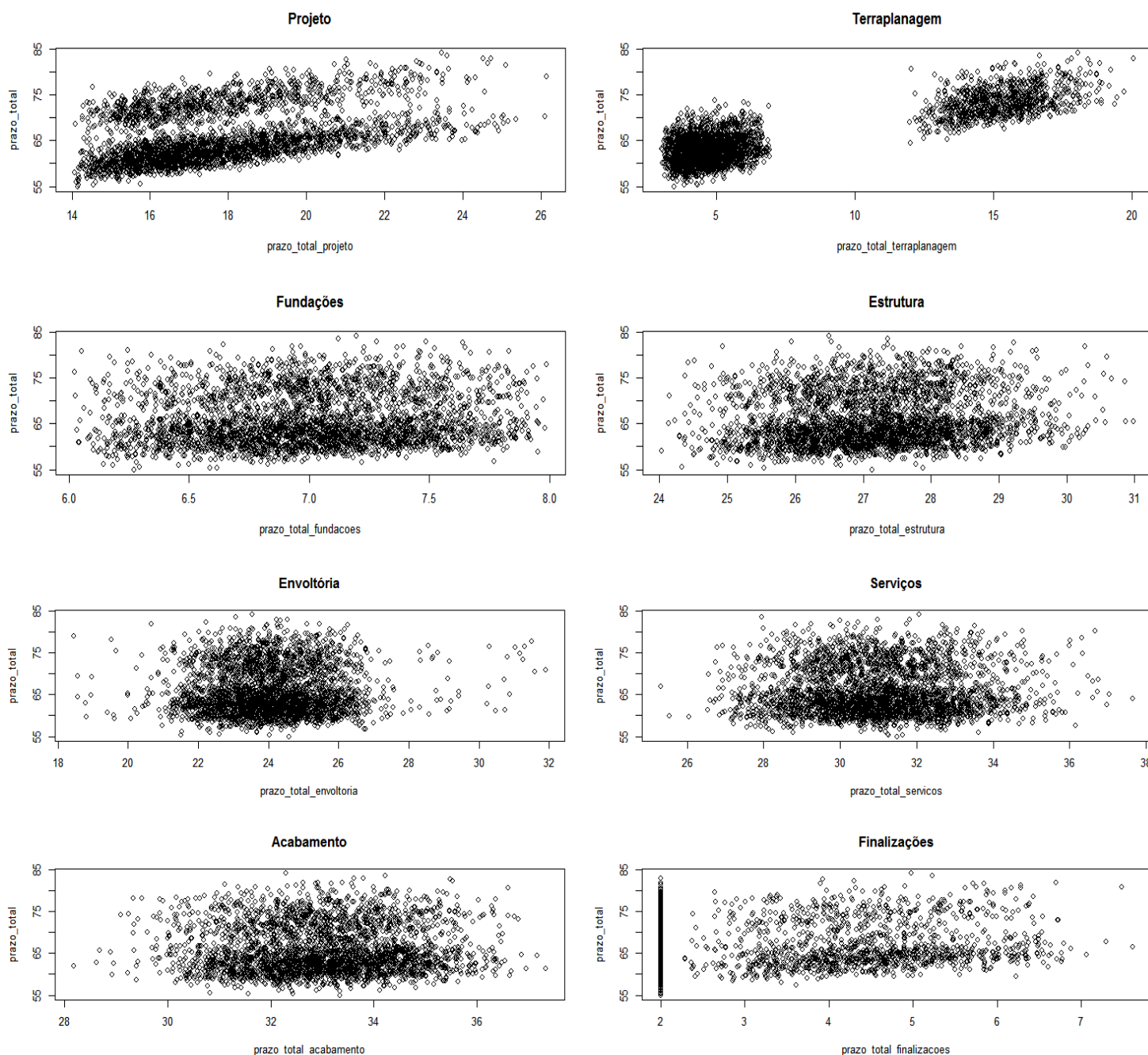
Para o custo total da construção do prédio, o gráfico abaixo mostra que, em 85% dos casos, gasta-se entre R\$ 947mil e R\$ 1,024 milhão, podendo chegar até R\$ 1,064 milhão nos demais casos. Se for aceito um risco de até 30%, o custo fica entre R\$ 947mil e R\$ 989,5 mil.



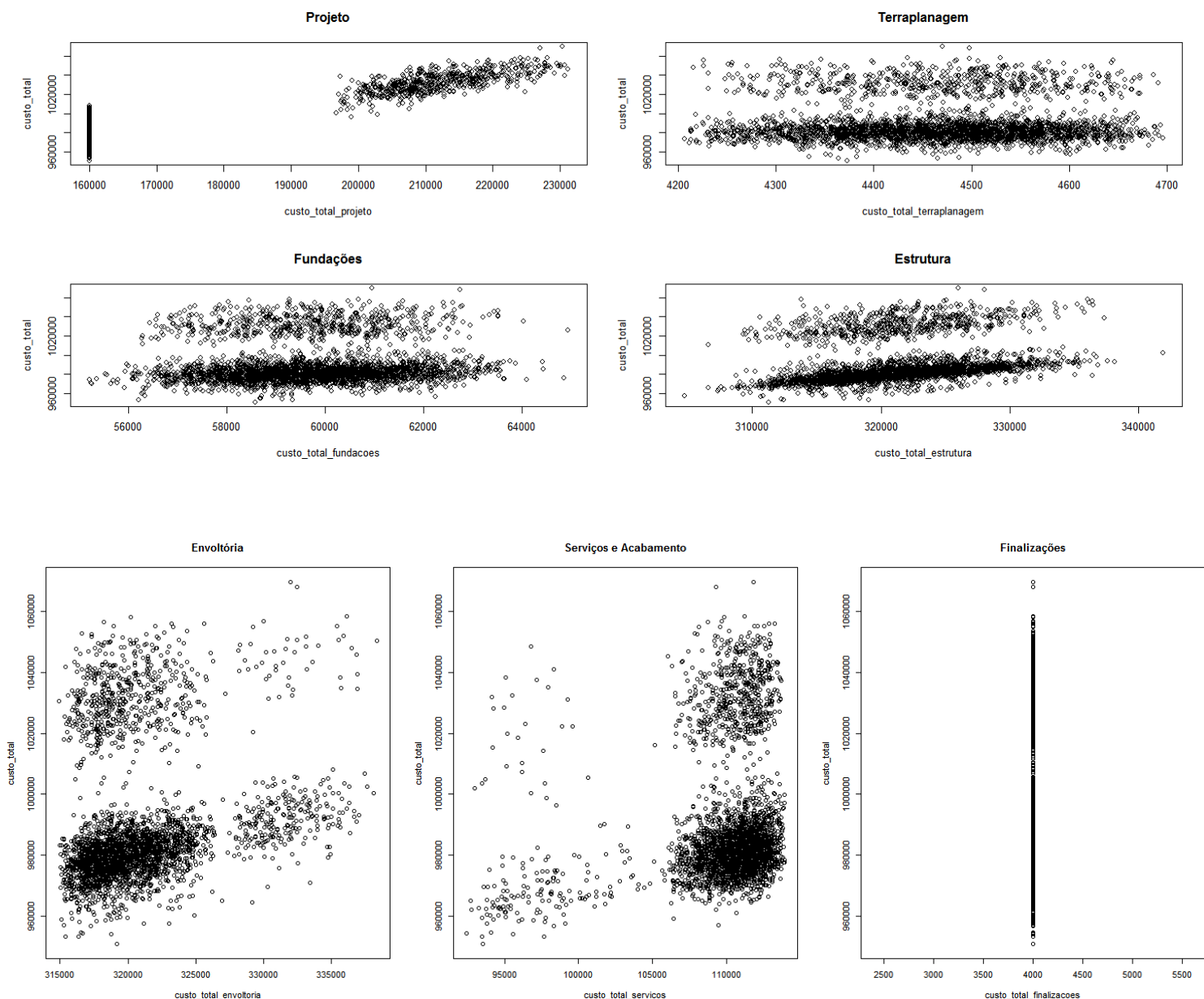
Analisando cada atividade separadamente, queremos verificar se há uma relação entre seus prazos e custos com os totais estimados para a toda a obra. Para isso, foram feitos gráficos de dispersão dos prazos e custos de cada atividade com os prazos e custos totais.

Nos gráficos a seguir, o que podemos perceber é que há uma relação entre o tempo que demora o detalhamento do projeto e o prazo total da obra, indicando que mexer no projeto altera substancialmente o prazo de entrega do prédio. Pelo gráfico, quanto maior o tempo de detalhamento do projeto, maior o prazo total, mesmo em caso de retrabalho. Também existe a mesma relação entre o prazo total e o prazo da terraplanagem, visto que prazos altos na terraplanagem resultam em prazos maiores para conclusão do prédio.

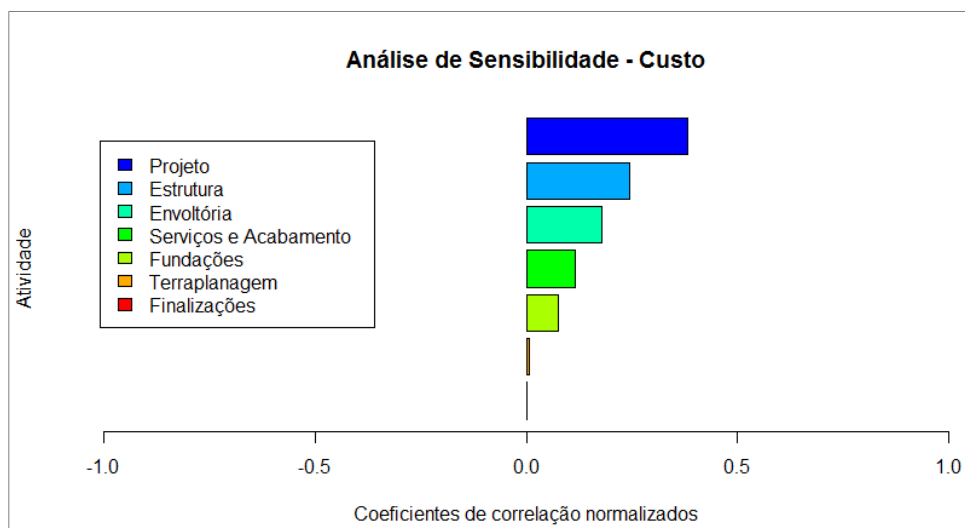
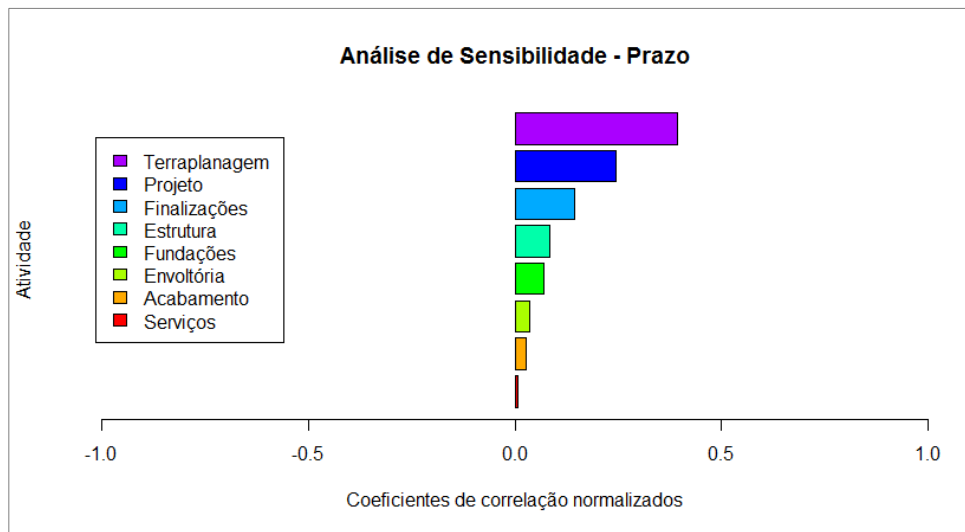
Nas demais variáveis, esta relação é muito pequena ou inexistente. De acordo com os gráficos, prazos longos destas atividades podem resultar tanto em prazos totais menores quanto em maiores, não sendo possível identificar uma relação.



Analisando os custos, pode-se perceber a mesma relação entre o total e os custos de serviços e acabamento, envoltória e projeto, este somente no caso de alteração. Ou seja, qualquer alteração no projeto gera um custo que influencia bastante no custo total da obra, mas quando não há alteração o custo é fixo e não influencia no total. Para estas três atividades, valores de custo altos resultam em custos totais altos, assim como valores baixos resultam em custos totais menores, estabelecendo uma relação positiva crescente.



Uma análise de sensibilidade foi feita para cada variável para verificar o impacto de cada uma nos totais de prazo e custo da construção do prédio. Os gráficos do tipo “tornado” a seguir mostram, de cima para baixo, as atividades com maior correlação com o total. No caso dos prazos total, as atividades que mais influenciam são a terraplanagem (40%) e o detalhamento do projeto (25%). Já para os custos, projeto (38%) e estrutura (24%) são as variáveis que mais influenciam.



Neste trabalho vimos que até mesmo pequenos ajustes de custo e prazo que podem ocorrer em cada etapa de um projeto influenciam na sua conclusão, portanto deve-se tentar minimizá-los o máximo possível. Para este projeto de construção do prédio, as atividades de terraplanagem e o detalhamento do projeto influenciam bastante no prazo total, enquanto alterações no projeto e estruturas são as que mais influenciam no custo total. Concluímos que devemos informar ao cliente um prazo de 69 a 74 semanas para a conclusão da obra, a um custo de R\$ 989,5 mil e R\$ 1,024 milhão, assumindo-se um risco entre 15% e 30%.