



## XVIII Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica

SENDI 2008 - 06 a 10 de outubro

Olinda - Pernambuco - Brasil

### **A Programação Linear Utilizada na Otimização de Retorno de Débitos de Clientes Inadimplentes em Concessionária de Energia Elétrica**

|                            |
|----------------------------|
| <b>Cesar Eduardo Leite</b> |
| <b>Elektro</b>             |
| cesar.leite@elektro.com.br |

#### **Resumo**

Este trabalho pretende apresentar a aplicação da pesquisa operacional como ferramenta de aprimoramento de decisões gerenciais em uma concessionária de energia elétrica, a fim de otimizar os recursos disponíveis para se obter o melhor resultado financeiro referente aos pagamentos de contas pendentes dos clientes inadimplentes. É apresentado um caso idealizado de uma empresa fictícia, utilizada como exemplo na formulação do problema e análise dos resultados obtidos.

#### **Palavras-chave**

Programação linear; corte/religação; otimização.

#### **1. INTRODUÇÃO**

Neste estudo pretende-se utilizar a programação linear para analisar as variáveis envolvidas na tomada de decisão gerencial, definindo onde aplicar os recursos disponíveis para obtenção do melhor resultado financeiro referente aos pagamentos das faturas pendentes dos clientes inadimplentes de uma Concessionária de Energia Elétrica.

Dentro de um orçamento limitado, deve-se investir em ações que motivem a quitação das faturas pendentes de forma a minimizar a carteira de débitos da empresa, sendo a análise do estudo limitada ao período de um mês, já que os indicadores mensais publicados é que balizam as tomadas de decisão para o mês subsequente (CORRAR, 2004).

Desta forma temos uma contínua alimentação de informações mensais que determinam a estratégia da empresa para o próximo período, considerando sempre a sintonia com a estratégia anual ou o mais longo prazo possível.

Através do Solver, ferramenta do Microsoft Excel, o trabalho descreve a formulação matemática do problema e a análise dos resultados obtidos (LACHTERMACHER, 2004).

## **2. O PROBLEMA DA INADIMPLÊNCIA**

Segundo Araújo (2007), a inadimplência é definida como a relação, em termos percentuais, entre o montante das contas não pagas até o último dia do mês de referência (incluindo tributos) e o total de contas faturadas no mesmo mês, e dados ABRADÉE mostram um crescimento elevado do volume de faturas em atraso superior a dez dias, que cresceu 295% desde 1991.

Estima-se que, em 2002, a inadimplência no país tenha sido de R\$ 3,15 bilhões de reais. A composição desta inadimplência revela que R\$ 760 milhões devem-se aos consumidores de médio e grande porte, atendidos em alta e média tensão (Grupo A); R\$ 1600 milhões correspondem à dívida de consumidores residenciais, pequenos estabelecimentos comerciais e industriais, a maior parte do poder público e da iluminação pública, todos atendidos pela rede de baixa tensão (Grupo B); e 800 milhões são devidos pelo Poder Público.

A inadimplência caracteriza-se como um problema Social, Cultural e Financeiro, que pode ter relações diferenciadas quando analisada em determinados grupos de clientes. Assim, comparando-se dois grupos de clientes, certamente encontrar-se-á percentual de inadimplência diferente entre eles.

A forma que as concessionárias utilizam para combate da inadimplência é a suspensão do fornecimento de energia, ação controversa nos meios jurídicos, mas que configura a última solução para um relacionamento comercial onde o cliente consome o produto, mas não remunera seu fornecedor.

## **3. A UTILIZAÇÃO DE PROGRAMAÇÃO LINEAR**

A programação linear é um método matemático utilizado para resolver problemas em que exista um objetivo a ser atingido, mas sujeito a restrições. As restrições para a aplicação dos recursos podem ser relativas à forma de emprego como às quantidades existentes. Assim, a programação linear tem um conjunto de procedimentos e métodos matemáticos para tratar, de forma lógica, problemas que envolvam o uso de recursos escassos.

Segundo Scalabrin & Mores & Ronaldo & Oliveira (2006), a finalidade da programação linear é encontrar o lucro máximo ou o custo mínimo em situações reais. No objeto deste estudo, a utilização da programação linear deverá resultar na maior diminuição possível da inadimplência, dentro de um orçamento limitado para efetuar as cobranças, e sujeito a várias restrições do negócio.

Para Nakayama (2005), os problemas de programação linear são um tipo de problema de otimização e referem-se à distribuição eficiente de recursos limitados entre atividades competitivas com a finalidade de atender a um determinado objetivo. Em se tratando de programação linear, esse objetivo será expresso por uma função linear, à qual dá-se o nome de função objetivo. As informações de proporção de consumo e designação de recursos consumidos são fornecidas por equações ou inequações lineares que são chamadas restrições.

## **4. FORMULAÇÃO MATEMÁTICA DO PROBLEMA**

Considera-se um caso utópico em que temos uma Concessionária de Energia Elétrica – CEE, combatendo seu nível de inadimplência através da ação de Corte (suspensão temporária do

fornecimento de energia), que deverá gerar uma posterior Religação (reativação do fornecimento de energia), compondo, estas duas atividades, uma ação única na negociação com os clientes com faturas pendentes de pagamento.

Analisando a carteira de inadimplência de uma CEE, verifica-se que em determinado mês chega-se ao resultado financeiro com uma pendência de R\$ 634.547,81 (seiscentos e trinta e quatro mil, quinhentos e quarenta e sete reais e oitenta e um centavos) em faturas de energia atribuídas a clientes que não foram quitadas. A Empresa Concessionária atende vinte e cinco localidades gerenciadas por quatro bases operacionais, sendo que em cada localidade, têm-se diferentes quantidades de clientes inadimplentes com diferentes valores de débito. A Tabela 1 mostra o número de clientes inadimplentes e o valor médio de suas pendências, relacionado por localidade e base operacional.

| Base Operacional | Localidade | Débito Médio | Num.Clientes |
|------------------|------------|--------------|--------------|
| Base A           | Local A1   | R\$ 40,85    | 1450         |
| Base A           | Local A2   | R\$ 45,10    | 256          |
| Base A           | Local A3   | R\$ 34,17    | 236          |
| Base A           | Local A4   | R\$ 29,22    | 323          |
| Base A           | Local A5   | R\$ 42,33    | 584          |
| Base A           | Local A6   | R\$ 33,86    | 611          |
| Base C           | Local C1   | R\$ 34,76    | 73           |
| Base C           | Local C2   | R\$ 23,69    | 23           |
| Base C           | Local C3   | R\$ 48,35    | 159          |
| Base C           | Local C4   | R\$ 30,97    | 755          |
| Base C           | Local C5   | R\$ 43,41    | 31           |
| Base C           | Local C6   | R\$ 51,67    | 177          |
| Base C           | Local C7   | R\$ 50,98    | 68           |
| Base C           | Local C8   | R\$ 30,50    | 266          |
| Base C           | Local C9   | R\$ 25,32    | 472          |
| Base C           | Local C10  | R\$ 39,77    | 65           |
| Base C           | Local C11  | R\$ 59,87    | 42           |
| Base F           | Local F1   | R\$ 41,91    | 739          |
| Base F           | Local F2   | R\$ 42,82    | 883          |
| Base F           | Local F3   | R\$ 30,55    | 2538         |
| Base F           | Local F4   | R\$ 34,77    | 1534         |
| Base F           | Local F5   | R\$ 42,88    | 1754         |
| Base S           | Local S1   | R\$ 40,58    | 1103         |
| Base S           | Local S2   | R\$ 33,29    | 265          |
| Base S           | Local S3   | R\$ 42,22    | 981          |
| Total            |            |              | 15388        |

**Tabela 1:** Número de clientes inadimplentes e valor médio devido, por base operacional e localidade.

Na análise gerencial consideramos o valor médio de débito por cliente. As atividades de corte e religação são realizadas pela CEE como forma de garantir o pagamento das faturas de consumo em atraso, já que, em seguida à quitação da fatura pendente, a atividade de religação restabelece a situação original do cliente.

As atividades de corte/religação são contratadas, e o terceiro tem a obrigação de manter equipes disponíveis nas quatro bases operacionais, organizadas por limites geográficos. Essas bases devem receber número mínimo de atividades, isto determinado pela necessidade de cobrir os custos fixos do contratado.

Considerando a efetividade da atividade corte/relição como sendo o número de clientes inadimplentes que pagam as faturas pendentes após a ação do corte, temos também diferentes efetividades por localidade atendida, isto determinado por níveis diferenciados de cultura, poder financeiro, etc.. Sendo o valor da atividade corte/relição determinada por contrato com o Terceiro, relacionado com o custo de cada base operacional, a efetividade em cada base é quem vai determinar o custo desta ação contra a inadimplência para a empresa Concessionária.

Os valores resultantes da razão entre o valor da atividade corte/relição e a efetividade por base operacional são apresentados abaixo na Tabela 2 e mostram quanto custa para a concessionária implementar esta ação em cada base.

| Base Operacional | Profissionais | Custo     | Contas Pagas |
|------------------|---------------|-----------|--------------|
| Base A           | 5             | R\$ 10,59 | 39%          |
| Base C           | 3             | R\$ 13,69 | 58%          |
| Base F           | 10            | R\$ 12,14 | 49%          |
| Base S           | 3             | R\$ 14,52 | 59%          |

**Tabela 2:** Valor da atividade de corte/relição x efetividade da base operacional e custo para implementação em cada base.

Para colocar em prática a ação de corte/relição, a Concessionária tem um orçamento disponível de R\$ 120.000,00 (cento e vinte mil reais), os quais devem ser distribuídos respeitando que cada base operacional deve utilizar ao menos 10% do recurso total, e cada localidade deve executar ao menos 20 atividades, isto para justificar os investimentos feitos pela contratada e a política da Concessionária.

A tarefa da Concessionária é determinar quantas atividades de corte/relição deverão ser executadas em cada localidade, considerando o número de clientes inadimplentes por localidade e o custo do serviço por base operacional.

#### **4.1 – Variáveis de decisão do modelo**

- A1 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade A1.
- A2 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade A2.
- A3 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade A3.
- A4 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade A4.
- A5 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade A5.
- A6 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade A6.
- C1 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade C1.
- C2 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade C2.
- C3 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade C3.
- C4 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade C4.
- C5 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade C5.
- C6 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade C6.
- C7 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade C7.
- C8 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade C8.
- C9 – Número de atividades de cortes / relição a serem realizados na localidade C9.

C10 – Número de atividades de cortes / religação a serem realizados na localidade C10.

C11 – Número de atividades de cortes / religação a serem realizados na localidade C11.

F1 – Número de atividades de cortes / religação a serem realizados na localidade F1.

F2 – Número de atividades de cortes / religação a serem realizados na localidade F2.

F3 – Número de atividades de cortes / religação a serem realizados na localidade F3.

F4 – Número de atividades de cortes / religação a serem realizados na localidade F4.

F5 – Número de atividades de cortes / religação a serem realizados na localidade F5.

S1 – Número de atividades de cortes / religação a serem realizados na localidade S1.

S2 – Número de atividades de cortes / religação a serem realizados na localidade S2.

S3 – Número de atividades de cortes / religação a serem realizados na localidade S3.

#### **4.2 Função objetivo**

A equação abaixo mostra a função objetivo para o problema, representando matematicamente o número de atividades a serem executadas em cada localidade, de forma a maximizar o número de contas pagas:

$$\text{Max } Z = 40,85 A1 + 45,10 A2 + 34,17 A3 + 29,22 A4 + 42,33 A5 + 33,86 A6 + 34,76 C1 + 23,69 C2 + 48,35 C3 + 30,97 C4 + 43,41 C5 + 51,67 C6 + 50,98 C7 + 30,50 C8 + 25,32 C9 + 39,77 C10 + 59,87 C11 + 41,91 F1 + 42,82 F2 + 30,55 F3 + 34,77 F4 + 42,88 F5 + 40,58 S1 + 33,29 S2 + 42,22 S3$$

#### **4.3 Restrições do modelo**

1. Verba no orçamento para a realização da atividade corte/religação nas localidades expressas pelas variáveis de decisão.

$$10,59 A1 + 10,59 A2 + 10,59 A3 + 10,59 A4 + 10,59 A5 + 10,59 A6 + 13,69 C1 + 13,69 C2 + 13,69 C3 + 13,69 C4 + 13,69 C5 + 13,69 C6 + 13,69 C7 + 13,69 C8 + 13,69 C9 + 13,69 C10 + 13,69 C11 + 12,14 F1 + 12,14 F2 + 12,14 F3 + 12,14 F4 + 12,14 F5 + 14,52 S1 + 14,52 S2 + 14,52 S3 \leq 120.000,00$$

2. Valor mínimo a ser disponibilizado para realização das atividades corte/religação na base operacional A, envolvendo as localidades A1, A2, A3, A4, A5 e A6 (variáveis de decisão).

$$10,59 A1 + 10,59 A2 + 10,59 A3 + 10,59 A4 + 10,59 A5 + 10,59 A6 \geq 12.000,00$$

3. Valor mínimo a ser disponibilizado para realização das atividades corte/religação na base operacional C, envolvendo as localidades C1, C2, C3, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10 e C11 (variáveis de decisão).

$$13,69 C1 + 13,69 C2 + 13,69 C3 + 13,69 C4 + 13,69 C5 + 13,69 C6 + 13,69 C7 + 13,69 C8 + 13,69 C9 + 13,69 C10 + 13,69 C11 \geq 12.000,00$$

4. Valor mínimo a ser disponibilizado para realização das atividades corte/religação na base operacional F, envolvendo as localidades F1, F2, F3, F4 e F5 (variáveis de decisão).

$$12,14 F1 + 12,14 F2 + 12,14 F3 + 12,14 F4 + 12,14 F5 \geq 12.000,00$$

5. Valor mínimo a ser disponibilizado para realização das atividades corte/religação na base operacional S, envolvendo as localidades S1, S2 e S3 (variáveis de decisão).

$$14,52 S1 + 14,52 S2 + 12,52 S3 \geq 12.000,00$$

6. Valor máximo de inadimplência a ser recuperado.

$$40,85 A1 + 45,10 A2 + 34,17 A3 + 29,22 A4 + 42,33 A5 + 33,86 A6 + 34,76 C1 + 23,69 C2 + 48,35 C3 + 30,97 C4 + 43,41 C5 + 51,67 C6 + 50,98 C7 + 30,50 C8 + 25,32 C9 + 39,77 C10 + 59,87 C11 + 41,91 F1 + 42,82 F2 + 30,55 F3 + 34,77 F4 + 42,88 F5 + 40,58 S1 + 33,29 S2 + 42,22 S3 \leq 634.547,81$$

7. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade A1 =  $A1 \leq 1450$ ;

8. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade A2 =  $A2 \leq 256$ ;

9. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade A3 =  $A3 \leq 236$ ;

10. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade A4 =  $A4 \leq 323$ ;

11. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade A5 =  $A5 \leq 584$ ;

12. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade A6 =  $A6 \leq 611$ ;

13. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade C1 =  $C1 \leq 73$ ;

14. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade C2 =  $C2 \leq 23$ ;

15. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade C3 =  $C3 \leq 159$ ;

16. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade C4 =  $C4 \leq 755$ ;

17. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade C5 =  $C5 \leq 31$ ;

18. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade C6 =  $C6 \leq 177$ ;

19. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade C7 =  $C7 \leq 68$ ;

20. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade C8 =  $C8 \leq 266$ ;

21. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade C9 =  $C9 \leq 472$ ;

22. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade C10 =  $C10 \leq 65$ ;

23. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade C11 =  $C11 \leq 42$ ;

24. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade F1 =  $F1 \leq 739$ ;

25. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade F2 =  $F2 \leq 883$ ;

26. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade F3 =  $F3 \leq 2538$ ;

27. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade F4 =  $F4 \leq 1534$ ;

28. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade F5 =  $F5 \leq 1754$ ;

29. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade S1 =  $S1 \leq 1103$ ;

30. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade S2 =  $S2 \leq 265$ ;

31. Número máximo de clientes inadimplentes na localidade S3 =  $S3 \leq 981$ ;

32. Número mínimo de atividade de corte/relição a ser realizada na localidade de A1 a A6.

$$A1; A2; A3; A4; A5; A6 \geq 20$$

33. Número mínimo de atividade de corte/relição a ser realizada na localidade de C1 a C11.

$$C1; C2; C3; C4; C5; C6; C7; C8; C9; C10; C11 \geq 20$$

34. Número mínimo de atividade de corte/relição a ser realizada na localidade de F1 a F05.

$$F1; F2; F3; F4; F5 \geq 20$$

35. Número mínimo de atividade de corte/relição a ser realizada na localidade de S1 a S3.

$$S1; S2; S3 \geq 20$$

#### 4.4 Representação matemática do problema

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = & 40,85 A1 + 45,10 A2 + 34,17 A3 + 29,22 A4 + 42,33 A5 + 33,86 A6 + 34,76 C1 + \\ & 23,69 C2 + 48,35 C3 + 30,97 C4 + 43,41 C5 + 51,67 C6 + 50,98 C7 + 30,50 C8 + \\ & 25,32 C9 + 39,77 C10 + 59,87 C11 + 41,91 F1 + 42,82 F2 + 30,55 F3 + 34,77 F4 \\ & + 42,88 F5 + 40,58 S1 + 33,29 S2 + 42,22 S3 \end{aligned}$$

Sujeito a:

- (1)  $10,59 A1 + 10,59 A2 + 10,59 A3 + 10,59 A4 + 10,59 A5 + 10,59 A6 + 13,69 C1 + 13,69 C2 + 13,69 C3 + 13,69 C4 + 13,69 C5 + 13,69 C6 + 13,69 C7 + 13,69 C8 + 13,69 C9 + 13,69 C10 + 13,69 C11 + 12,14 F1 + 12,14 F2 + 12,14 F3 + 12,14 F4 + 12,14 F5 + 14,52 S1 + 14,52 S2 + 14,52 S3 \leq 120.000,00$
- (2)  $10,59 A1 + 10,59 A2 + 10,59 A3 + 10,59 A4 + 10,59 A5 + 10,59 A6 \geq 12.000,00$
- (3)  $13,69 C1 + 13,69 C2 + 13,69 C3 + 13,69 C4 + 13,69 C5 + 13,69 C6 + 13,69 C7 + 13,69 C8 + 13,69 C9 + 13,69 C10 + 13,69 C11 \geq 12.000,00$
- (4)  $12,14 F1 + 12,14 F2 + 12,14 F3 + 12,14 F4 + 12,14 F5 \geq 12.000,00$
- (5)  $14,52 S1 + 14,52 S2 + 14,52 S3 \geq 12.000,00$
- (6)  $40,85 A1 + 45,10 A2 + 34,17 A3 + 29,22 A4 + 42,33 A5 + 33,86 A6 + 34,76 C1 + 23,69 C2 + 48,35 C3 + 30,97 C4 + 43,41 C5 + 51,67 C6 + 50,98 C7 + 30,50 C8 + 25,32 C9 + 39,77 C10 + 59,87 C11 + 41,91 F1 + 42,82 F2 + 30,55 F3 + 34,77 F4 + 42,88 F5 + 40,58 S1 + 33,29 S2 + 42,22 S3 \leq 634.547,81$
- (7)  $A1 \leq 1450$
- (8)  $A2 \leq 256$
- (9)  $A3 \leq 236$
- (10)  $A4 \leq 323$
- (11)  $A5 \leq 584$
- (12)  $A6 \leq 611$
- (13)  $C1 \leq 73$
- (14)  $C2 \leq 23$
- (15)  $C3 \leq 159$
- (16)  $C4 \leq 755$
- (17)  $C5 \leq 31$
- (18)  $C6 \leq 177$
- (19)  $C7 \leq 68$
- (20)  $C8 \leq 266$
- (21)  $C9 \leq 472$
- (22)  $C10 \leq 65$
- (23)  $C11 \leq 42$
- (24)  $F1 \leq 739$
- (25)  $F2 \leq 883$
- (26)  $F3 \leq 2538$
- (27)  $F4 \leq 1534$
- (28)  $F5 \leq 1754$
- (29)  $S1 \leq 1103$
- (30)  $S2 \leq 265$
- (31)  $S3 \leq 981$
- (32)  $A1; A2; A3; A4; A5; A6 \geq 20$
- (33)  $C1; C2; C3; C4; C5; C6; C7; C8; C9; C10; C11 \geq 20$
- (34)  $F1; F2; F3; F4; F5 \geq 20$
- (35)  $S1; S2; S3 \geq 20$

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Analisando-se a Tabela 3, extraída da planilha de cálculos do Excel, conclui-se que todos os recursos foram utilizados para a obtenção da solução ótima. Além disso, por possuir um custo relativamente alto (Tabela 2) e débito total mais baixo em relação às outras bases, a Base C resultou na atuação mínima de R\$12.000,00. Outro fato importante a ser destacado na Tabela 3 é que na Base F, o maior débito total (Tabela 1) e o custo relativamente baixo (Tabela 2) justificam a maior atuação.

| Restrições          |    | Resultados | Limites    |
|---------------------|----|------------|------------|
| Orçamento           | <= | 120.000,00 | 120.000,00 |
| Vlr Mín Disp Base A | >= | 33.432,63  | 12.000,00  |
| Vlr Mín Disp Base C | >= | 12.000,00  | 12.000,00  |
| Vlr Mín Disp Base F | >= | 59.742,45  | 12.000,00  |
| Vlr Mín Disp Base S | >= | 14.824,92  | 12.000,00  |

**Tabela 3:** Restrições de orçamento e de atuação por Base, solução ótima e limites

O número de atividades de corte/religação por localidade está apresentado na Tabela 4, extraída do relatório de resposta gerado pelo Solver.

Células ajustáveis

|         |           | Nome |                |             |
|---------|-----------|------|----------------|-------------|
| Célula  |           |      | Valor original | Valor final |
| \$B\$10 | Maximizar | A1   | 1.450          | 1.450       |
| \$C\$10 | Maximizar | A2   | 256            | 256         |
| \$D\$10 | Maximizar | A3   | 236            | 236         |
| \$E\$10 | Maximizar | A4   | 323            | 20          |
| \$F\$10 | Maximizar | A5   | 584            | 584         |
| \$G\$10 | Maximizar | A6   | 611            | 611         |
| \$H\$10 | Maximizar | C1   | 73             | 73          |
| \$I\$10 | Maximizar | C2   | 20             | 20          |
| \$J\$10 | Maximizar | C3   | 159            | 159         |
| \$K\$10 | Maximizar | C4   | 701            | 202         |
| \$L\$10 | Maximizar | C5   | 31             | 31          |
| \$M\$10 | Maximizar | C6   | 177            | 177         |
| \$N\$10 | Maximizar | C7   | 68             | 68          |
| \$O\$10 | Maximizar | C8   | 20             | 20          |
| \$P\$10 | Maximizar | C9   | 20             | 20          |
| \$Q\$10 | Maximizar | C10  | 65             | 65          |
| \$R\$10 | Maximizar | C11  | 42             | 42          |
| \$S\$10 | Maximizar | F1   | 739            | 739         |
| \$T\$10 | Maximizar | F2   | 883            | 883         |
| \$U\$10 | Maximizar | F3   | 2.538          | 20          |
| \$V\$10 | Maximizar | F4   | 1.534          | 1.525       |
| \$W\$10 | Maximizar | F5   | 1.754          | 1.754       |
| \$X\$10 | Maximizar | S1   | 1.103          | 20          |
| \$Y\$10 | Maximizar | S2   | 265            | 20          |
| \$Z\$10 | Maximizar | S3   | 981            | 981         |

**Tabela 4:** número de atividades de corte/religação por localidade

Observando-se as tabelas 1, 2 e 4, pode-se concluir que:

- A1, F4 e F5, são as localidades que apresentam maior número de ações a serem executadas;
- A4, C2, C8, C9, F3, S1 e S2 apresentam os menores débitos médios por cliente de cada base operacional, resultando no número mínimo de ações de corte/religação a serem executadas.

Ainda sobre a Tabela 3, pode-se observar que o número de clientes que foram atingidos pela atividade de corte/relição foi de 9976, ou seja, 64,83% do total de clientes inadimplentes no mês em estudo. A Tabela 5, também extraída do relatório de respostas do Solver, informa o débito a ser recuperado caso se execute as ações de corte/relição nos números definidos na Tabela 4.

| Célula de destino (Máx) |                   |                |             |
|-------------------------|-------------------|----------------|-------------|
| Célula                  | Nome              | Valor original | Valor final |
| \$AC\$70                | Resultado Limites | 556.126,45     | 402.478,60  |

**Tabela 5:** Débito recuperado

Para a combinação de ações da Tabela 3, o débito recuperado é de R\$ 402.478,60, ou seja, 63,43% do total recuperável que é de R\$ 634.547,81.

### 5.1 – Análise de sensibilidade

Mantendo os valores médios das contas dentro das faixas das colunas permissível acréscimo e permissível decréscimo conseguimos manter a mesma distribuição dos cortes/relição por localidade. A coluna preço sombra determina o impacto causado na solução ótima por qualquer variação ocorrida na distribuição cortes/relição por localidade.

A coluna custo reduzido demonstraria as alterações nos valores recebidos pela inclusão de alguma localidade que não estaria prevista inicialmente. Porém em nosso problema, de acordo com os resultados obtidos no Solver, devido às restrições existentes (de 32 à 35) que fixam um mínimo de 20 cortes/relições por localidade.

## 6. CONCLUSÃO

Para enfrentar de forma equilibrada e tirar proveito do atual ambiente competitivo, as empresas necessitam de profissionais e técnicas capazes de transformar desafios em oportunidades de negócio. Além do recurso estratégico do conhecimento ou experiência adquirida pelos profissionais do negócio, as técnicas de Pesquisa Operacional se apresentam como importante recurso de auxílio nas mudanças e adaptações organizacionais, pois permitem experimentar mudanças em modelos, contribuindo para a segurança na tomada de decisões.

O estudo mostra que a utilização da ferramenta de programação linear pode ser amplamente utilizada na tomada de decisão gerencial, no tocante ao controle da inadimplência de uma empresa Concessionária de Energia Elétrica, dependendo apenas da confiabilidade das informações que compõem o estudo.

As decisões de corte/relição de energia elétrica deixam de ser definidas de forma intuitiva e conforme a experiência profissional do gestor desta atividade, sem a utilização de qualquer método quantitativo, e passa a respeitar um sistema científico de análise.

O teste desta metodologia se deu na Elektro Eletricidade e Serviços S.A., onde se buscou um novo direcionamento das atividades. As Bases mencionadas referem-se às Seccionais de Atibaia, Campos do Jordão, Franco da Rocha e Santa Isabel, e suas respectivas localidades de abrangência. Na

simulação é dispensada uma maior precisão dos valores adotados, mesmo porque o teste foi feito de forma local, sem um alinhamento com os procedimentos oficiais da Elektro.

O resultado mostrou a necessidade de revisão na estratégia utilizada, quando a região de Franco da Rocha, com maior número de inadimplentes, ocupava uma maior parte dos recursos com um resultado nem sempre expressivo. Esta situação é resultado da baixa liquidez das famílias da região.

Por outro lado, o teste mostrou que investir na região de Campos do Jordão traria um melhor resultado, já que um maior número de clientes que sofrem a ação do Corte efetivamente pagam as faturas pendentes e contribuem para diminuição da Inadimplência global.

Diante dos cálculos apresentados, ressaltamos a enorme importância da capacitação dos profissionais envolvidos na tomada de decisão e a implementação das técnicas científicas, neste caso de programação linear, com a finalidade de auxiliá-los em suas deliberações.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

1. **ARAUJO, Antônio C. M.** *Perdas e Inadimplência na Atividade de Distribuição de Energia Elétrica no Brasil*. Tese submetida no Programa de Pós-Graduação de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro para obtenção do grau de Doutor em Ciências em Planejamento Energético, Rio de Janeiro, RJ, Abril de 2007.
2. **CORRAR, L. J.** *Pesquisa operacional para decisão em contabilidade e administração*. São Paulo: Editora Atlas, 2004.
3. **LACHTERMACHER, G.** *Pesquisa operacional na tomada de decisões: modelagem em excel*. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2004.
4. **NAKAYAMA, Alexandre Y.** *Análise de Margem de Contribuição e Capacidade Produtiva por Programação Linear e Simulação para Apoio à Tomada de Decisão num Sistema de Manufatura*. Trabalho Final de Mestrado Profissional, Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, 2005.
5. **SCALABRIN, Idionir; MORES, Claudionor J.; RONALDO, Enderli B.; OLIVEIRA, José A.** *Programação Linear: Estudo de Caso com Utilização do Solver da Microsoft Excel*. Revista Universo Contábil, ISSN 1809-3337, Blumenau, v. 2, n. 2, p. 54-66, maio/ago. 2006