

RODRIGO DE CARVALHO PAIVA

**MODELO DE PREVISÃO E REPOSIÇÃO
DE NUMERÁRIO EM UMA REDE
DE CAIXAS ELETRÔNICOS**

Trabalho de Formatura para Conclusão do Curso de
Engenharia de Produção da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo

São Paulo

2006

RODRIGO DE CARVALHO PAIVA

**MODELO DE PREVISÃO E REPOSIÇÃO
DE NUMERÁRIO EM UMA REDE
DE CAIXAS ELETRÔNICOS**

Trabalho de Formatura para Conclusão do Curso de
Engenharia de Produção da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo

Área de Concentração: GOL

Orientador: Prof. Dr. Marco Aurélio de Mesquita

São Paulo

2006

Ficha Catalográfica

Paiva, Rodrigo de Carvalho

Modelo de previsão e reposição de numerário em uma rede de caixas eletrônicos / R. de C. Paiva. -- São Paulo, 2006.

Trabalho de Formatura - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Produção.

1.Previsão de demanda 2.Reposição de estoque I.Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Produção II.t.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela oportunidade de aprender.

Ao Professor Mesquita, que me orientou com respeito, atenção e dedicação neste trabalho.

A todas as pessoas da Procomp Comércio e Serviços que colaboraram direta ou indiretamente.

À minha família e amigos, por todo apoio e carinho que sempre me deram.

Especialmente, à minha mãe, pelo amor e exemplo de caráter.

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido numa empresa do ramo de automação bancária, que presta serviços como o gerenciamento do numerário em caixas eletrônicos. Ele tem o objetivo de reduzir o estoque de numerário, sem prejuízo do nível de atendimento, através do desenvolvimento de um modelo de previsão de demanda e de reposição de estoques. Em adição, visa possibilitar a automação do processo de gerenciamento de numerário, buscando maior eficiência do setor responsável.

A dificuldade do problema está no fato de que os saques realizados em caixas eletrônicos têm um comportamento bastante aleatório, com variações referentes às datas consideradas, como os dias da semana, feriados, vésperas de feriado, “pontes” de feriado e pagamentos de acordo com o dia útil do mês. Além disso, dentro de uma agência bancária que possui mais de um caixa eletrônico, a demanda por numerário não ocorre de modo balanceado entre eles, havendo variações de acordo com o modelo do equipamento e com sua localização na agência.

Diante disso, foi proposto um modelo de regressão múltipla com variáveis *dummy* para a previsão de demanda agregada em cada agência. Esse modelo utiliza variáveis binárias que permitem identificar as características das datas históricas e futuras e, considerando que as mesmas relações de causalidade percebidas no histórico permanecem no futuro, possibilita prever a demanda para as agências.

A partir da previsão agregada por agência, ocorre um rateio do valor previsto entre os seus caixas eletrônicos, de acordo com o percentual médio de saque correspondente a cada equipamento da sala. Definido um estoque de segurança e dado que a frequência de visitas dos carros-fortes responsáveis pelo abastecimento é previamente definida, calculam-se as necessidades de abastecimento de numerário considerando um modelo de reposição periódica. Realizou-se uma simulação para um grupo de agências e obteve-se uma redução média dos níveis de estoque em caixas eletrônicos de cerca de 10%. Além disso, os resultados também foram bastante satisfatórios no sentido de possibilitar que o processo de gerenciamento do numerário seja feito de forma automatizada.

ABSTRACT

This work was developed in a company that provides automation banking services, as cash management for ATMs (automated teller machines). Its objective is reducing the cash inventory, keeping the service level, by the elaboration of a forecasting and an inventory replacement models. In addition, this work seeks the automation of the cash management process, increasing the efficiency of the responsible department.

The main difficulty is the random behavior of the bank drafts, which varies depending on dates – workdays, weekends, holidays, payment days. Besides this, in a bank branch, where there is more than one ATM, the cash demand doesn't occur in a balanced way. There are variations according to the equipment model and its position (Full ATM, Cash Dispenser only and if it is near or far from the door).

Based on this, it is proposed a multiple regression model, with dummy variables, to do specific cash forecast for each bank branch. This model uses binary variables that, with the identification of the date's characteristics, allow forecasting bank drafts, considering the maintenance of the causality relations of the historical and future data.

From a specific bank branch forecast occurs a division of the forecasted value between the ATMs, according to the average percentage of ATM bank draft. Provided that the delivery of cash by the armored car has a defined frequency, it must calculate the cash order by a periodic replacement model.

A simulation has been done for a group of bank branches and it reaches an average reduction of 10% in the ATMs cash levels. Besides, the results were satisfactory in allowing the automation of the cash management process.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE GRÁFICOS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE SIGLAS

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	A Empresa	12
1.2	Apresentação do Problema	16
1.3	Objetivos do Trabalho	20
1.4	Relevância do Tema	21
1.5	Estrutura do Trabalho	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1	Previsão de Demanda	23
2.2	Reposição de Estoques	30
3	MODELO DE PREVISÃO	34
3.1	Previsão de Saques Agregada por Agência	34
3.2	Previsão Detalhada de Saques para ATMs da Agência.....	43
4	MODELO DE REPOSIÇÃO DE NUMERÁRIO	51
4.1	Reposição de Estoques	51
4.2	Processo Proposto para Cálculo de Necessidades	53
5	APLICAÇÃO DOS MODELOS	54
5.1	Resultados da Previsão de Demanda	54
5.2	Resultados da Reposição de Estoques	57
5.3	Impacto Econômico da Implementação da Proposta.....	58
6	CONCLUSÕES	59
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	ANEXO 1: Teste de Normalidade.....	62
	ANEXO 2: Tabelas de Previsão	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Participação no Faturamento da Diebold Procomp em 2005.....	13
Figura 1.2 - Organograma da Procomp Comércio e Serviços.....	15
Figura 1.3 - Fluxograma do processo de cálculo de necessidades em ATMs.....	19
Figura 2.1 - Modelos de estoque e parâmetros (Adaptado de Santoro, 2005).....	33
Figura 4.1 - Reposição de Estoque para as ATMs.....	53
Figura 4.2 - Fluxograma proposto para planejamento de abastecimento de ATMs.....	54

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 3.1 - Valor total diário de saques na Agência STN - maio, junho e julho de 2006.....	35
Gráfico 3.2 - Comportamento da demanda diária em função do dia útil do mês.....	36
Gráfico 3.3 - Comportamento da demanda diária em função do dia do mês.....	37
Gráfico 3.4 - Modelo ajustado para a agência STN – junho e julho de 2006.....	43
Gráfico 3.5 - Total Sacado por ATM da agência STN, de janeiro de 2005 a julho de 2006.....	44
Gráfico 3.6 - Modelo ajustado para a ATM A da agência STN, junho e julho de 2006.....	45
Gráfico 3.7 - Modelo ajustado para a ATM B da agência STN, junho e julho de 2006.....	46
Gráfico 3.8 - Modelo ajustado para a ATM C da agência STN, junho e julho de 2006.....	46
Gráfico 3.9 - Modelo ajustado para a ATM D da agência STN, junho e julho de 2006.....	47
Gráfico 3.10 - Modelo ajustado para a ATM E da agência STN, junho e julho de 2006.....	47
Gráfico 3.11 - Modelo ajustado para a ATM F da agência STN, junho e julho de 2006.....	48
Gráfico 3.12 - Modelo ajustado para a ATM G da agência STN, junho e julho de 2006.....	48
Gráfico 3.13 - Modelo ajustado para a ATM H da agência STN, junho e julho de 2006.....	49
Gráfico 3.14 - Modelo ajustado para a ATM I da agência STN, junho e julho de 2006.....	49
Gráfico 3.15 - Modelo ajustado para a ATM J da agência STN, junho e julho de 2006.....	50
Gráfico 3.16 - Modelo ajustado para a ATM K da agência STN, junho e julho de 2006.....	50
Gráfico 5.1 - Resultado da previsão de saques diários - agência STN, agosto de 2006.....	54
Gráfico 5.2 - Resultado da previsão de saques diários - agência PIN, agosto de 2006.....	55
Gráfico 5.3 - Resultado da previsão de saques diários - agência TAT, agosto de 2006.....	55
Gráfico 5.4 - Resultado da previsão de saques diários - agência MAR, agosto de 2006.....	55
Gráfico 5.5 - Resultado da previsão de saques diários - agência UNI, agosto de 2006.....	56
Gráfico 5.6 - Resultado da previsão de saques diários - agência PAM, agosto de 2006.....	56
Gráfico 5.7 - Resultado da previsão de saques diários - agência PAC, agosto de 2006.....	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Identificação dos atributos das datas (saque diário em R\$).....	39
Tabela 3.2 - Comparação das Variações do Modelo Linear.....	40
Tabela 3.3 - Comparação das Variações do Modelo de Potência.....	41
Tabela 3.4 - Comparação final entre os melhores modelos Linear e de Potência.....	42
Tabela 3.5 - Percentual Médio de Saques em relação ao total da agência STN, março a julho de 2006.....	45
Tabela 4.1 - Dias de abastecimento, por agência.....	51
Tabela 5.1 - Resultados das previsões para agências, agosto de 2006.....	54
Tabela 5.2 - Percentual por ATM para rateio da previsão nas agências.....	57
Tabela 5.3 - Resultados da reposição de estoques em ATMs.....	57

LISTA DE SIGLAS

ATM - *Automated Teller Machine* (caixa eletrônico para auto-atendimento bancário).

PCS - Procomp Comércio e Serviços.

EAM - Erro Absoluto Médio.

EQM - Erro Quadrático Médio.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho foi desenvolvido na Procomp Comércio e Serviços, empresa que atua na operação de redes de caixas eletrônicos para auto-atendimento bancário. Através de um caixa eletrônico, podemos realizar transações bancárias como consultas de saldo, pagamentos de conta, saques e depósitos de numerário, transferências entre outras. Os saques de numerário representam as transações mais importantes desses equipamentos e, para que possa ser realizado, existe um importante processo de decisões.

A área de atuação do projeto é o setor de Gestão de Numerário, responsável pela previsão de demanda de numerário em caixas eletrônicos e pela programação do abastecimento destes.

1.1 A Empresa

A empresa brasileira Procomp nasceu em 1985, quando quatro engenheiros recém-formados desenvolveram produtos para a automação de um banco nacional. Desde então, a empresa aumentou sua variedade de produtos e serviços instalando, em Manaus, uma fábrica responsável pela produção de caixas eletrônicos, monitores, computadores e outros equipamentos para automação bancária. Além disso, instalou laboratórios em todo o Brasil para a prestação de assistência técnica para bancos em *hardwares*, *softwares* e redes de computadores. Em outubro de 1999, a Diebold Incorporated, empresa americana líder mundial em automação bancária, adquiriu 100% das ações da Procomp e em 17 de junho de 2002, a empresa brasileira tornou-se a Diebold Procomp.

No Brasil, a Diebold Procomp é hoje a principal fornecedora de produtos para automação bancária, com 60% de participação neste mercado. A empresa, sediada em São Paulo, possui, atualmente, em torno de 15 bancos-clientes e gerencia mais de 13 mil caixas eletrônicos. Fornece ainda equipamentos para automação comercial e eleitoral, sendo responsável pela fabricação das urnas eletrônicas utilizadas nas eleições de 2000, 2004 e 2006.

A Diebold Procomp projeta, fabrica e faz a manutenção de ATMs (*Automated Teller Machines*), que são caixas eletrônicos utilizados em auto-atendimento bancário para pagamento de contas e depósito de numerário, consulta de saldo, extratos, impressão de talão de cheques etc. Ela também desenvolve os *softwares* utilizados nesses equipamentos, além de oferecer serviços como a monitoração à distância dos caixas eletrônicos para prevenção de furtos e verificação de necessidade de assistência técnica, além do gerenciamento do numerário. Conta com 3.400 funcionários e faturou R\$ 926 milhões no ano passado. A empresa tem hoje, como principais clientes: Caixa Econômica Federal, Banco Nossa Caixa, Tribunal Superior Eleitoral, Banco do Brasil, HSBC, Unibanco, Bradesco e Visanet.

Atualmente, muitos bancos optam por terceirizar algumas das operações que não fazem parte do seu foco, buscando reduzir custos e direcionar sua atenção nas operações mais diretamente relacionadas ao seu negócio. Assim, a estratégia da Diebold Procomp é combinar o fornecimento de equipamentos com serviços, por exemplo, assumindo a responsabilidade pela instalação e operação das redes de auto-atendimento dos bancos.

A gestão completa do sistema, que inclui instalação e manutenção de *hardware* e *software*, programação de abastecimento de numerário, contratação de transportadora de valores e monitoração das informações relacionadas a caixas-eletrônicos têm garantido bons resultados para a empresa, já que a diferenciação do seu serviço está na solução integrada que ela pode oferecer.

Na Figura 1.1, verifica-se a grande importância da prestação de serviços para a Diebold Procomp:

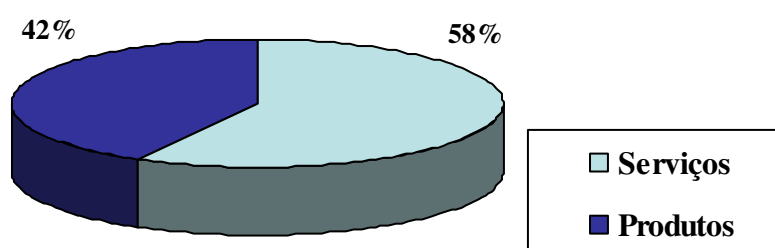


Figura 1.1 - Participação no Faturamento da Diebold Procomp em 2005.

Além da fábrica instalada em Manaus, chamada Procomp Amazônia, a Diebold Procomp possui três unidades em São Paulo: a Procomp Indústria Eletrônica, responsável pelo desenvolvimento de hardware e softwares, a Procomp Assistência Técnica, responsável pela instalação e manutenção dos equipamentos da empresa e com filiais em outros estados brasileiros, e a Procomp Comércio e Serviços, unidade responsável pela infra-estrutura de comunicação e monitoração dos caixas eletrônicos, além do gerenciamento do numerário neles.

Procomp Comércio e Serviços

A Procomp Comércio e Serviços (PCS), unidade onde será desenvolvido o estudo, é responsável por tornar os caixas eletrônicos disponíveis aos clientes dos bancos para a realização de transações bancárias.

Para isso, a empresa oferece, basicamente, três tipos de serviço. O primeiro deles é o processamento de transações bancárias por meio de redes de telecomunicação. A empresa mantém processadores e um banco de dados que fazem a interface entre a decisão do cliente diante de um caixa eletrônico e a realização da transação propriamente dita, como uma transferência entre contas, um débito etc. Um segundo serviço está relacionado à monitoração à distância desses equipamentos para detectar a necessidade de manutenção e o terceiro serviço é a gestão de numerário nas ATMs, foco deste trabalho.

Considerando estes serviços, a PCS fornece aos seus clientes três níveis de gestão dos equipamentos de auto-atendimento. Num tipo de gestão parcial, são fornecidos apenas os serviços relacionados ao processamento de transações bancárias para cerca de 13 mil equipamentos. Já num segundo nível de gestão parcial, a empresa fornece, além do processamento de transações, a monitoração à distância de equipamentos. Num terceiro nível, chamado de gestão total de equipamentos de auto-atendimento, cerca de 2.500 equipamentos entre os anteriores são atendidos pelos três serviços descritos. Os equipamentos atendidos pelos serviços prestados pela PCS estão distribuídos entre quatro bancos.

Para oferecer estes serviços, a PCS se organiza de acordo com o organograma mostrado na Figura 1.2.

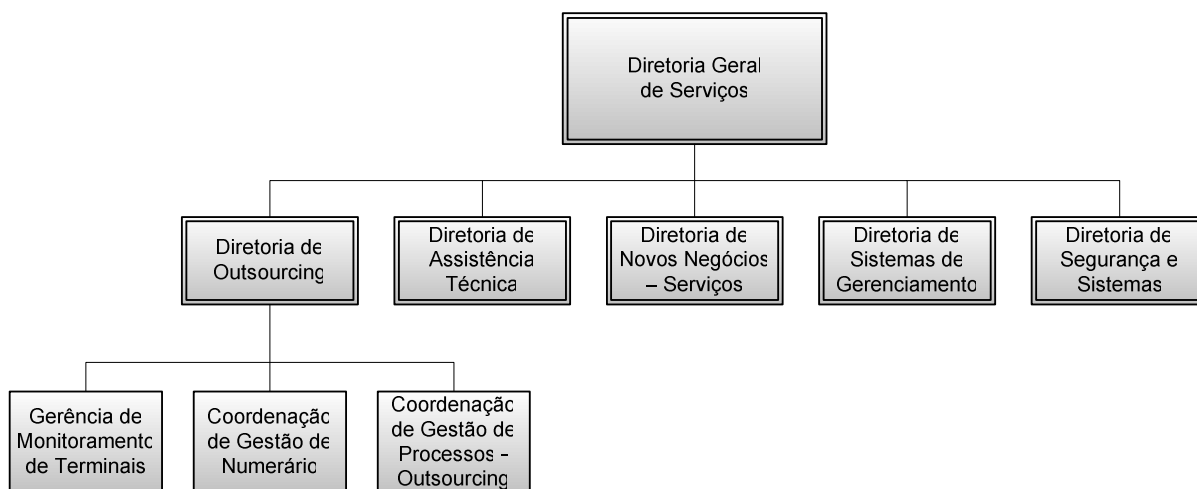


Figura 1.2 - Organograma da Procomp Comércio e Serviços.

A área de Gestão de Processos *Outsourcing*, onde realizo meu estágio, é responsável por projetos de melhoria. A partir de uma demanda estabelecida pela Diretoria de *Outsourcing*, uma equipe é designada para mapear os processos pertencentes ao escopo do projeto, propor soluções e acompanhar sua implementação junto ao setor da PCS que é o responsável pelo processo a ser melhorado e ao setor de desenvolvimento de sistemas, caso este último seja necessário.

O setor de Gestão de Numerário, que é o foco deste trabalho, está subordinado à Diretoria de *Outsourcing*. Esse setor realiza a previsão de demanda e calcula as necessidades de numerário para uma rede de caixas eletrônicos e estes são abastecidos por uma frota de carros-fortes com roteiros pré-determinados. Assim, conhecendo-se o saldo de numerário de cada ATM do dia anterior, os analistas da Gestão de Numerário são responsáveis por determinar a quantidade a ser suprida em cada caixa eletrônico para que este seja abastecido no dia seguinte e possa atender à demanda de saques até o próximo abastecimento. Deste modo, a Procomp Comércio e Serviços faz o planejamento de abastecimentos de cerca de 2.500 ATMs, sendo que o abastecimento é realizado pelas Transportadora de Valores contratadas.

1.2 Apresentação do Problema

Conforme descrito anteriormente, o setor de Gestão de Numerário da PCS realiza a gestão do estoque de numerário nos caixas eletrônicos de seus clientes em todo Brasil, sendo responsável pelo controle e pela reposição das cédulas. O processo atual de planejamento da reposição de numerário pode ser dividido em duas etapas, chamadas de planejamento de abastecimento das tesourarias e de planejamento de abastecimento dos caixas eletrônicos.

O trabalho enfoca o planejamento de abastecimento de caixas eletrônicos. Esta etapa é a mais crítica do processo, pois o estoque de numerário nas ATMs corresponde a 80% de todo o numerário disponibilizado pelos bancos, além de possuir 90% dos analistas do processo de planejamento. Assim, apesar de descrito neste trabalho, o processo de planejamento de abastecimento das tesourarias não será detalhado, ficando como oportunidade para um trabalho futuro. As etapas de planejamento de abastecimento são apresentadas a seguir.

Planejamento de Abastecimento das Tesourarias

Chama-se de tesouraria o cofre da Transportadora de Valores, que é na verdade um centro de distribuição. Para o banco referente ao estudo de caso, são 23 tesourarias, cada uma delas correspondendo a uma região, sendo que a maior parte delas se encontra no Estado de São Paulo, como, por exemplo, as tesourarias São Paulo, Campinas, Bauru, Santos entre outras.

No processo de planejamento, um analista realiza a previsão diária de demanda de numerário e define as necessidades para cada tesouraria. O cálculo das necessidades da tesouraria é realizado de forma a garantir o atendimento da demanda até o próximo abastecimento, que ocorre semanalmente, utilizando-se como segurança uma margem sobre a previsão e um estoque mínimo de acordo com a quantidade de ATMs atendidas por ela.

Após definir as remessas, o analista pede ao banco a liberação do montante de numerário para que as Transportadoras de Valores possam retirar a parcela referente às regiões que atendem.

As Transportadoras de Valores retiram o numerário que o banco disponibiliza e abastecem as tesourarias apenas nos dias definidos em contrato entre a Procomp e a transportadora. Para o banco considerado, cerca de 10 diferentes transportadoras atendem a Procomp de acordo com a região e com a capacidade de cada uma delas. Em geral, são grandes empresas do setor que também atendem a outros grandes bancos do país, sendo elas prestadoras de serviço com grande poder de barganha.

Assim, são as Transportadoras de Valores as responsáveis pelo roteiro de suas frotas de carro-forte, cabendo a Procomp definir quanto abastecer em cada uma das Tesourarias, respeitando a frequência de abastecimentos estabelecida em contrato. O abastecimento de todas as Tesourarias é realizado de segunda à sexta-feira, sendo que a transportadora deve ser informada do valor da remessa com dois dias de antecedência.

Planejamento de Abastecimentos de Caixas Eletrônicos

Esse processo de planejamento é organizado de acordo com os locais onde estão instaladas as ATMs. Esses locais podem ser uma agência bancária ou um quiosque e cada um deles tem os dias da semana pré-definidos para o abastecimento das ATMs, como está definido em contrato entre a PCS e a Transportadora de Valores.

O trabalho de planejamento é realizado pelos analistas do setor de Gestão de Numerário. Cada analista é responsável pelo planejamento dos abastecimentos das ATMs de um certo grupo de agências. Para os caixas eletrônicos de um determinado ponto, o analista realiza a previsão de demanda a partir de uma análise dos saques realizados na ATM que normalmente apresenta maior saque diário nessa agência. Esse analista faz uma média aritmética dos saques diários da ATM realizados nos dias úteis de três meses anteriores correspondentes ao dia útil da data cujo saque se deseja prever. Na análise, ele também leva em conta o dia da semana, a ocorrência de feriados, entre outras sazonalidades. Definido o saque previsto de acordo com a análise do histórico de uma ATM, esse valor previsto é utilizado para todas as outras ATMs do local, exceto as ATMs que também realizam operações de depósito. Estas ATMs, por apresentarem um volume de saques menor, recebem 80% do valor previsto para as outras ATMs do ponto.

Em seguida, é realizado o cálculo das quantidades de numerário específicas para cada ATM. O cálculo das necessidades é feito de modo a atender a demanda até o próximo abastecimento, acrescentando-se uma margem de 20% sobre a demanda prevista.

Depois de definida a remessa de numerário para as ATMs, alguns ajustes devem ser feitos. Como a contagem de cédulas é feita pela transportadora em grupos de 1000, é necessário que as remessas sejam ajustadas para múltiplos desse valor. Para isso, é feito um “arredondamento” do valor da remessa até o múltiplo de mil imediatamente superior.

Definidos os valores das remessas para as ATMs, a partir de sua planilha em Excel, o analista aciona uma macro em VBA que exporta as quantidades a serem abastecidas em cada ATM para um sistema que informa, através de e-mails, as Transportadoras de Valores responsáveis. Para abastecer os caixas-eletrônicos, a Transportadora de Valores deve ser informada sobre o valor da remessa com um dia de antecedência.

No planejamento de abastecimento dos caixas eletrônicos, 20 pessoas fazem a previsão de demanda e o cálculo das necessidades de numerário para cerca de 2.500 ATMs. Portanto, cabe aos analistas a definição de quanto abastecer nos caixas eletrônicos.

É importante destacar que essa previsão de demanda é feita de acordo com o conhecimento e com a experiência de cada analista, de forma que podemos verificar variações no que diz respeito aos critérios de escolha dos dias do histórico que serão considerados e também na metodologia para cálculo das necessidades.

É importante citar também que, depois de abastecidos os caixas eletrônicos pelas transportadoras, nos dias definidos, não há possibilidade de se remanejar o numerário de uma ATM para outra fora dos dias de visita. Como a PCS assume toda a operação das redes de caixas eletrônicos, nenhum funcionário da agência bancária tem acesso aos cofres das ATMs, impedindo, por exemplo, que este retire o numerário de um caixa eletrônico quebrado e o distribua entre os outros da agência.

Na Figura 1.3, verifica-se o fluxograma do processo atual de cálculo das necessidades de numerário nas ATMs:

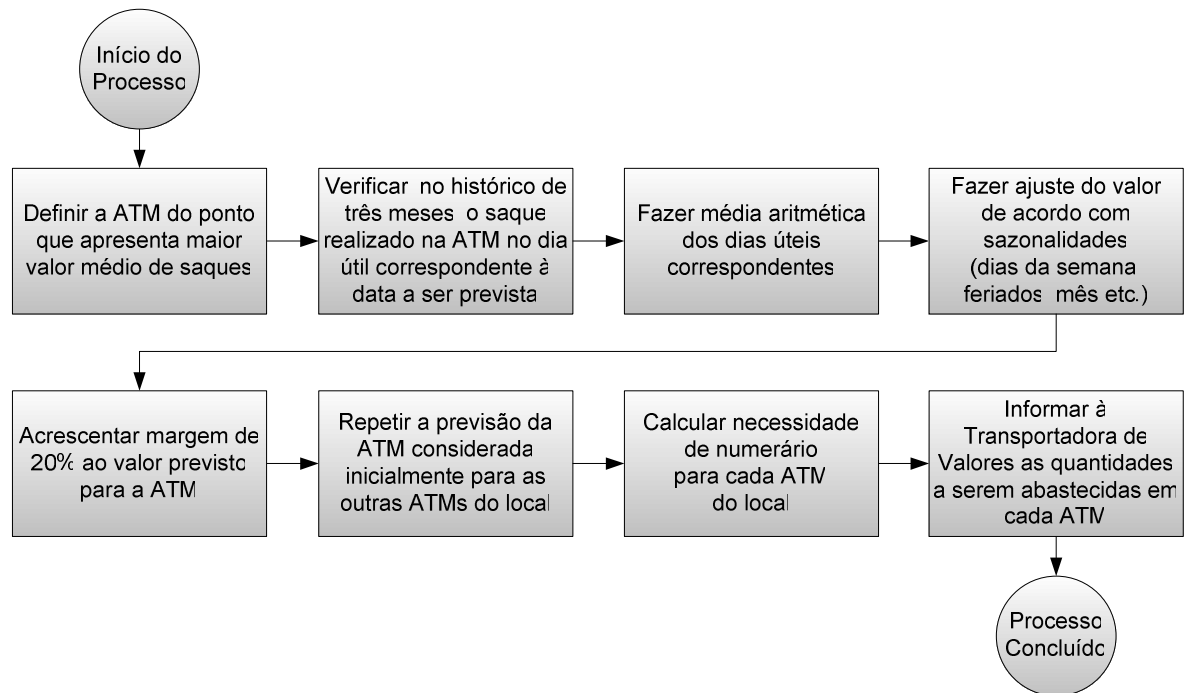


Figura 1.3 - Fluxograma do processo de cálculo de necessidades em ATMs.

Problemas Identificados

Através de entrevistas, de análises dos processos envolvidos e de dados fornecidos pela empresa, foram identificados alguns problemas relacionados ao processo atual.

Altos níveis de estoque

Quando o banco disponibiliza numerário para a PCS, ele assume um custo de oportunidade por deixar de investir esse valor no mercado. Atualmente, há uma grande cobrança dos clientes para que se reduza os níveis de estoque. Assim, reduzir o saldo médio de numerário trará ganhos diretos para os clientes, e conseqüentemente, uma vantagem competitiva para a PCS.

Além disso, outro custo a ser considerado é o custo de sinistro, pois manter elevado o nível de numerário em ATMs aumenta a incidência e o valor dos furtos.

Baixa produtividade no planejamento de abastecimento das ATMs

A previsão de saques e o cálculo de necessidades para as 2.500 ATMs são realizados por 20 analistas através de planilhas Microsoft Excel, com uma média de 125 ATMs analisadas por funcionário. Com o número crescente de bancos e equipamentos atendidos e com as limitações de espaço no setor de Gestão de Numerário, a PCS teria que aumentar consideravelmente seus custos com recursos humanos e com novas instalações para atender às novas demandas.

Ausência de um software de Gestão de Numerário

Quando a PCS realiza uma apresentação de seus serviços a possíveis clientes, estes quase sempre desejam conhecer o sistema de Gestão de Numerário utilizado pela empresa. Atualmente, a empresa possui sistemas que realizam o controle do numerário nos caixas eletrônicos, mas não um sistema capaz de realizar a previsão de demanda e o cálculo das necessidades de numerário de maneira automática. Por isso, um *software* de Gestão de Numerário daria à empresa uma vantagem competitiva adicional perante seus clientes em potencial.

1.3 Objetivos do Trabalho

O objetivo deste trabalho é a elaboração de um modelo de previsão de demanda e cálculo de necessidades de numerário em caixas eletrônicos. A partir de um estudo piloto em uma agência com 11 ATMs, deve-se desenvolver um modelo que possibilite a automatização dos processos de previsão e planejamento de abastecimentos em ATMs, sendo capaz de decidir a quantidade adequada de numerário para abastecer cada caixa eletrônico pelo qual a PCS é responsável.

1.4 Relevância do Tema

A gestão de numerário é um serviço estratégico para a Procomp Comércio e Serviços. Além do lucro gerado pela operação, oferecer ao cliente que ele terceirize todo o controle, a manutenção e a operação de sua rede de ATMs torna-se uma importante vantagem competitiva, colaborando para a conquista de novos clientes e as vendas de outros serviços.

A Procomp Comércio e Serviços apresenta aos seus clientes a idéia da redução de custos, além de assumir os problemas gerados pela operação das redes de ATMs. O custo do capital imobilizado é muitas vezes considerado pelo cliente na decisão de expandir ou de reduzir sua rede de ATMs operada pela PCS. Atualmente, a empresa vem sendo pressionada por alguns de seus clientes a baixá-lo. Por isso, a redução do custo do capital imobilizado nos caixas eletrônicos proporcionaria um ganho para o cliente e, conseqüentemente para a PCS.

Além disso, com relação ao processo de gerenciamento do numerário em caixas eletrônicos, as decisões de valores a serem abastecidos nas ATMs ocorre hoje de maneira empírica, baseadas na experiência dos analistas. Dessa forma, cada decisão deve ser cuidadosamente pensada, o que torna o processo ineficiente. Hoje, cerca de 2.500 ATMs têm seu numerário gerido por 20 analistas, o que nos dá uma relação de 125 ATMs por analista. Caso algum banco queira contratar os serviços de gestão de numerário da PCS, seria necessário um aumento do número de analistas proporcional ao número de ATMs.

Como exemplo, há um grande cliente da PCS que possui 11.000 caixas eletrônicos atendidos parcialmente, sendo que para apenas 860 destes 11.000, a empresa faz o gerenciamento do numerário, ficando o gerenciamento do numerário dos equipamentos restantes sob responsabilidade do banco. Caso este cliente opte por transferir para a PCS a operação completa de toda sua rede, seriam necessários mais de 80 analistas caso fosse mantida a mesma relação de 125 ATMs por funcionário, o que inviabilizaria a operação pelos altos custos que isso acarretaria, incluindo custos de instalações, custos de treinamento entre outros.

Por isso, enfatiza-se que o ganho de eficiência é importante para empresa e isso se deve, principalmente, à necessidade de aumento da capacidade para atender a novos clientes.

1.5 Estrutura do Trabalho

Neste primeiro Capítulo, foram apresentadas a Diebold Incorporated, a Diebold Procomp e a unidade onde será desenvolvido o estudo, a Procomp Comércio e Serviços. Também foi apresentada a área de Gestão de Numerário, assim como o processo de planejamento de abastecimentos. Depois de identificados alguns problemas, foram definidos os objetivos do trabalho.

O segundo Capítulo apresenta uma revisão bibliográfica dos temas relevantes para a solução do problema. Basicamente, são apresentados alguns dos principais conceitos sobre políticas de estoque e previsão de demanda.

O terceiro Capítulo mostra os dados de saques em caixas eletrônicos, realiza um estudo piloto e, a partir desse estudo, propõe um modelo de previsão de demanda de numerário em ATMs.

No quarto Capítulo é elaborado um modelo de reposição de numerário em caixas eletrônicos de acordo com as restrições e necessidades identificadas.

O quinto Capítulo simula a solução proposta e discute os resultados obtidos, incluindo uma estimativa da redução de custos.

Finalmente, o sexto Capítulo apresenta as principais conclusões do trabalho de formatura, seus pontos importantes, algumas considerações sobre a implementação da proposta e sugestões de trabalhos futuros a serem realizados na empresa.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No capítulo anterior, apresentou-se a empresa onde será realizado o trabalho, assim como os problemas encontrados e os objetivos do trabalho. Neste capítulo, serão apresentados os conceitos e modelos para a resolução de problemas de previsão de demanda e reposição de estoques.

2.1 Previsão de Demanda

Chama-se de demanda a disposição de um mercado ao consumo de produtos e serviços. Dessa forma, prever a demanda pode ser extremamente importante para o planejamento e para a tomada de decisões. Utiliza-se a previsão de demanda, por exemplo, para o projeto de um sistema produtivo ou para o planejamento e programação da produção. Assim, a previsão tem o objetivo de fornecer informações sobre a demanda futura para antecipar suas variações e suas conseqüências, possibilitando um planejamento que forneça melhores resultados.

Conforme Ballou (2001), é possível dividir os métodos de previsão em três grandes grupos: qualitativo, projeção histórica e causal, e esses grupos apresentam diferenças em termos de precisão e acurácia de acordo com o horizonte de previsão, nível de sofisticação do modelo e base de dados necessária. Alguns critérios utilizados para a definição de um modelo de previsão estão descritos a seguir:

Horizonte de previsão

O horizonte de previsão corresponde ao período futuro para o qual a previsão será necessária. Basicamente, pode-se classificar esse horizonte em três níveis:

- **Curto Prazo** (1 a 6 meses): nesse caso, a previsão é utilizada para atividades de compra, produção, gestão de estoques etc.
- **Médio Prazo** (6 meses a 2 anos): as previsões de médio prazo envolvem, principalmente, planejamento da produção e de recursos.

- **Longo Prazo** (maior que 2 anos): essas previsões são muito utilizadas em projeto de sistemas produtivos, estudo de capacidade, estudo de novos produtos e serviços, entre outros.

Comportamento dos dados

Para Chase *et al* (2005), a demanda por produtos ou serviços pode ser dividida em seis componentes:

- **Demanda média para o período:** é a base da demanda, único elemento presente numa demanda estável ao longo do tempo, por exemplo, em produtos como arroz, papel.
- **Tendência:** esse componente se refere a um comportamento que demonstra crescimento ou decréscimo ao longo do tempo, podendo ser linear, exponencial, entre outros.
- **Elemento sazonal:** a sazonalidade refere-se à variação da demanda em determinados períodos, como ocorre, por exemplo, com demandas que variam de acordo com as estações do ano.
- **Elemento cíclico:** a demanda pode se comportar de acordo com ciclos ao longo do tempo, que podem vir de ocorrências como eleições políticas, condições econômicas, pressões sociológicas etc.
- **Variação Aleatória:** as variações aleatórias são causadas por eventualidades, que podem modificar o comportamento da demanda sem um padrão definido.
- **Autocorrelação:** esse componente denota a persistência da ocorrência. Mais especificamente, o valor esperado a qualquer ponto está correlacionado com seus próprios valores passados.

Facilidade de implementação e utilização

Para se implementar um método de previsão de demanda, é importante considerar quais as complexidades que ele acarreta. Isso se torna importante porque um modelo pode exigir mais ou menos esforços, por exemplo, em termos de desenvolvimento de um método automatizado e ou com relação ao treinamento dos usuários do método.

Acurácia

A acurácia é, comumente, o critério mais importante na definição de um modelo de previsão de demanda. No entanto, não há uma medida única que se possa utilizar para decidir qual modelo oferece uma previsão mais próxima da realidade.

O Erro Relativo Médio (ERM) fornece uma idéia se a previsão apresenta, em geral, valores superiores ou inferiores aos valores reais.

$$EQM = \sum_{t=1}^n \frac{(F_t - R_t)}{n}$$

Onde:

F_t = valor previsto para t

R_t = valor real em t

n = número de observações

O Erro Absoluto Médio (EAM) fornece uma medida de erro na mesma unidade dos dados históricos e os erros negativos e positivos não se anulam, pois são considerados em módulo, como pode ser observado:

$$EAM = \sum_{t=1}^n \frac{|F_t - R_t|}{n}$$

Onde:

F_t = valor previsto para t

R_t = valor real em t

n = número de observações

O Erro Quadrático Médio (EQM) é uma das principais medidas utilizadas, com a característica de dar maior importância para as maiores diferenças entre o valor real e previsto, sendo expresso por:

$$EQM = \sum_{t=1}^n \frac{(F_t - R_t)^2}{n}$$

Onde:

F_t = valor previsto para t

R_t = valor real em t

n = número de observações

Além das formas apresentadas, os erros relativos e absolutos médios são comumente expressos na forma de porcentagem, de modo que a diferença entre o valor real e o previsto é dividida pelo valor real, definindo assim uma variação percentual.

Métodos Qualitativos

Os métodos qualitativos de previsão são aqueles que utilizam o julgamento e a experiência de pessoas, baseando-se em estimativas, opiniões e informações subjetivas. São bastante utilizados quando não se têm dados disponíveis ou relevantes para realizar a previsão, ou quando não se tem experiência em métodos quantitativos. São utilizados, principalmente, quando o horizonte de previsão é de longo prazo.

Conforme Chase *et al* (2005), os métodos mais utilizados para previsões quantitativas são:

Senso Comum

Estimativa através da compilação de opiniões dos envolvidos mais diretamente com o objeto da previsão.

Pesquisa de Mercado

Propõe-se colher dados através de pesquisas ou entrevistas para testar as hipóteses sobre o mercado.

Painel de Consenso

Troca aberta livre em reuniões. A idéia é que as discussões em grupo produzirão previsões melhores do que as individuais.

Analogia histórica

Associa o que está sendo previsto a um item similar. É muito utilizada no planejamento de produtos novos.

Método Delphi

Primeiramente, grupos de especialistas respondem a um questionário. Em seguida, um moderador compila os resultados e formula um novo questionário que é submetido ao grupo. Assim, não há influência da pressão de grupos ou de indivíduos dominantes.

Métodos Quantitativos de Projeção Histórica

Em termos de métodos quantitativos, a projeção histórica é um modelo que se baseia na premissa de que o padrão do passado se reproduzirá no futuro. Neste caso, não há uma preocupação em se conhecer quais são as causas da demanda. Para Santoro (2005), os modelos quantitativos admitem as hipóteses de que há informação disponível sobre o passado e essa informação é quantificável em dados numéricos, além de que algum padrão do passado se perpetuará no futuro.

Média Móvel

Trata-se de uma série temporal de curto prazo. Neste modelo, a previsão para o período seguinte é a média aritmética das observações referentes aos períodos mais recentes. Conforme Chase *et al* (2005), o número de pontos de dados é escolhido de modo que os efeitos das variações sejam eliminados. Pode-se também utilizar, ao invés da média aritmética, a média ponderada para realizar a previsão.

Suavização Exponencial

O modelo de suavização exponencial assemelha-se ao modelo de média móvel, com a particularidade de dar um peso maior às observações mais recentes. Para Chase *et al* (2005), são os modelos mais indicados caso seja válida a premissa de as ocorrências recentes são mais indicativas do futuro do que aquelas num passado distante. Em geral, são bons modelos de previsão de curto prazo, principalmente se considerarmos que se trata de um modelo de fácil utilização e que não necessita de grandes históricos.

Métodos Quantitativos Causais (ou de Correlação)

A previsão causal, também quantitativa, presume que o comportamento da demanda pode ser explicado por outras variáveis relacionadas a ela.

Análise de Regressão

A análise de regressão ajusta uma curva de acordo com uma nuvem de pontos de modo a minimizar a soma dos erros quadráticos, podendo-se definir o erro como a diferença entre o valor observado e o valor correspondente na curva ajustada.

Conforme Makridakis *et al* (1983), o desenvolvimento de um modelo causal facilita o entendimento da situação e permite experimentações com diferentes combinações de entradas para estudar seus efeitos na previsão. Esse modelo é utilizado tanto para previsões de longo prazo, quanto para previsões de curto prazo.

Com relação ao número de variáveis independentes, a regressão pode ser simples ou múltipla. Na regressão simples, existe apenas uma variável independente, enquanto que na regressão múltipla há mais variáveis desse tipo.

Em geral, os modelos de regressão podem ser expressos por funções lineares, por funções polinomiais ou por funções linearizáveis, como uma função exponencial ou na forma de potência.

Um exemplo de regressão linear múltipla seria do tipo $Y = a + bX_1 + cX_2 + dX_3$, onde Y seria a variável dependente, X_1 , X_2 e X_3 as variáveis independentes, a seria a intersecção do eixo vertical e b , c e d os coeficientes das variáveis independentes.

Conforme Santoro (2005), a análise de regressão deve obedecer a algumas hipóteses, como a normalidade da distribuição de Y , a variância de Y deve ser constante com X , os erros devem ser independentes entre si e deve existir uma relação linear entre Y e X .

Variáveis “Dummy” em Regressão Múltipla

Segundo Draper (1966), as variáveis consideradas em regressão usualmente utilizam valores de uma faixa contínua. No entanto, ocasionalmente, devemos introduzir um fator que possui um ou mais níveis distintos e, neste caso, podemos utilizar as variáveis *dummy* para indicar estes níveis. Conforme Makridakis *et al* (1983), este recurso possibilita, por exemplo, utilizar uma variável binária para identificar o comportamento de uma série de dados que varia de acordo com sazonalidades.

2.2 Reposição de Estoques

Conforme Chase *et al* (2005), estoque é a quantidade de qualquer item ou recurso usado em uma organização. Um sistema de estoque compreende o conjunto de políticas e controles que monitoram os níveis de estoque e sua reposição. Assim, a operação dos modelos de estoque procura especificar quando os itens devem ser pedidos e em que quantidades. A utilização. A seguir, serão descritos alguns modelos de estoques, classificados de acordo com o uso de previsões.

Modelos reativos

Conforme Santoro (2005), a operação dos modelos reativos acontece conforme procedimentos simples com base nos dados e parâmetros existentes, como o período de revisão, ponto de pedido, estoque máximo e lote fixo. Nesses modelos, a decisão ocorre em função do nível de estoque, no momento da tomada da decisão, comparado com alguns parâmetros como estoque máximo e nível de pedido. Dessa forma, informações sobre a previsão da demanda por um produto ou serviço não é utilizada diretamente.

Para os modelos abaixo, utilizou-se a notação:

EstMax = Estoque Máximo

EstDis = Estoque Disponível

PtoPed = Ponto de Pedido

LotFix = Lote Fixo

Reposição do Máximo Periódico

No final de cada período, o nível de estoque é analisado para decidir o tamanho do lote a ser pedido. A operação desse modelo é feita comparando o estoque disponível com um ponto de pedido. Caso o estoque disponível seja maior ou igual ao ponto de pedido, não é efetuado o pedido. Caso contrário, é gerado um pedido cujo tamanho do lote é a diferença entre o estoque máximo e o estoque disponível, ou seja, a quantidade necessária para completar o estoque até o nível máximo.

No final dos períodos, o tamanho do lote é calculado:

$$\text{Lote} = \begin{cases} (\text{EstMáx} - \text{EstDis}) & \text{se } \text{EstDis} < \text{PtoPed} \\ 0 & \text{se } \text{EstDis} > \text{PtoPed} \end{cases}$$

Reposição de Base Contínuo

Também conhecido como estoque de base, neste modelo, a cada retirada deve-se efetuar o pedido com um lote igual ao estoque máximo menos o estoque disponível. Conforme Santoro (2005), é o modelo que deu origem ao Kanban.

Após cada retirada, o lote é calculado:

$$\text{LOTE} = (\text{EstMax} - \text{EstDis})$$

Lote Fixo Contínuo

De acordo com Santoro (2005), este modelo é conhecido como Modelo do Lote Econômico, já que o tamanho do lote é calculado otimizando-se uma determinada função de custo. Sua operação é feita de modo que, após cada retirada, deve-se comparar o estoque disponível com o ponto de pedido. O pedido de uma quantidade fixa é feito caso o estoque disponível seja menor do que o ponto de pedido.

Após cada retirada, o lote é calculado:

$$\text{Lote} = \begin{cases} \text{LotFix} & \text{se } \text{EstDis} < \text{PtoPed} \\ 0 & \text{se } \text{EstDis} > \text{PtoPed} \end{cases}$$

Modelos ativos

Os modelos ativos utilizam diretamente as informações de previsão de demanda para a tomada de decisões sobre reposição de estoque. Um modelo ativo muito comum é descrito a seguir.

Revisão Periódica

Neste modelo, as reposições de estoque são feitas em períodos fixos, utilizando informações sobre as demandas futuras. Conforme Santoro (2005), a operação ocorre, genericamente, calculando um lote igual à necessidade apurada no momento da decisão, com previsão para atender até um dia definido, de modo que nesse dia possa apresentar um estoque igual a um estoque de segurança. A equação (1) apresenta uma formulação genérica para o cálculo do lote.

$$LOTE_{t,t+te} = \sum_{i=1}^{tre} [PreDem_{t,t+i}] - \sum_{i=1}^{te-1} [LOTE_{t+i-te,t+i}] - EstFis_t + EstSeg \quad (1)$$

Sendo:

t – dia do pedido

te – tempo de espera

tre – tempo de resposta

EstFis_t – nível de estoque em t

EstSeg – Estoque de Segurança

Basicamente, esta equação define que o lote, pedido em t para ser entregue em t + te, deve ser a soma das previsões de demanda de t até o numero de dias que se pretende prever, menos os pedidos que entrarão no período, menos o estoque físico em t, mais o estoque de segurança.

A Tabela 2.1 resume as características dos modelos de reposição de estoque considerados.

Figura 2.1 - Modelos de estoque e parâmetros (Adaptado de Santoro, 2005)

	REATIVO			ATIVO
	Periódico	Contínuo		Periódico
	Reposição do Máximo	Reposição da Base	Lote Fixo	Cálculo de Necessidades
Período de Revisão	o			o
Tempo de Espera	o	o	o	o
Ponto de Pedido	o		o	
Estoque Máximo	o	o		
Lote Fixo			o	
Estoque de Segurança	(*)	(*)	(*)	o

(*) Estoque de Segurança contido em outros parâmetros.

3 MODELO DE PREVISÃO

Neste capítulo, será realizado um piloto referente a uma tesouraria que abastece 7 locais, sendo 5 salas de auto-atendimento em agências bancárias e 2 quiosques, totalizando 33 caixas eletrônicos. Por motivo de segurança, o nome do banco a que as ATMs pertencem não será divulgado.

Essa tesouraria foi utilizada por se tratar de uma tesouraria de porte médio, tendo-se o cuidado de não realizar as análises em uma tesouraria pequena para não restringir as conclusões a um problema localizado, mas também não muito grande de modo que isso pudesse inviabilizar as simulações. Além disso, esta tesouraria possui agências de diferentes tamanhos, variando o número de ATMs por local de 1 a 11.

A análise de dados e o desenvolvimento do modelo de previsão de demanda serão feitos nos itens a seguir a partir dos dados referentes à agência STN. Primeiramente, será elaborado um modelo que preveja os saques por local (agência ou quiosque), para em seguida determinar a previsão por ATM.

3.1 Previsão de Saques Agregada por Agência

Essa agência é a maior da tesouraria considerada, possuindo 11 ATMs. Os dados utilizados como histórico para o desenvolvimento do modelo de previsão correspondem ao período de 01/01/2005 a 31/07/2006. Definido o método de previsão, os saques previstos para o período compreendido entre 01/08/2006 e 31/08/2006 serão confrontados com os saques reais.

O Gráfico 3.1 mostra o comportamento do saque total diário da agência STN para os meses de maio, junho e julho de 2006.

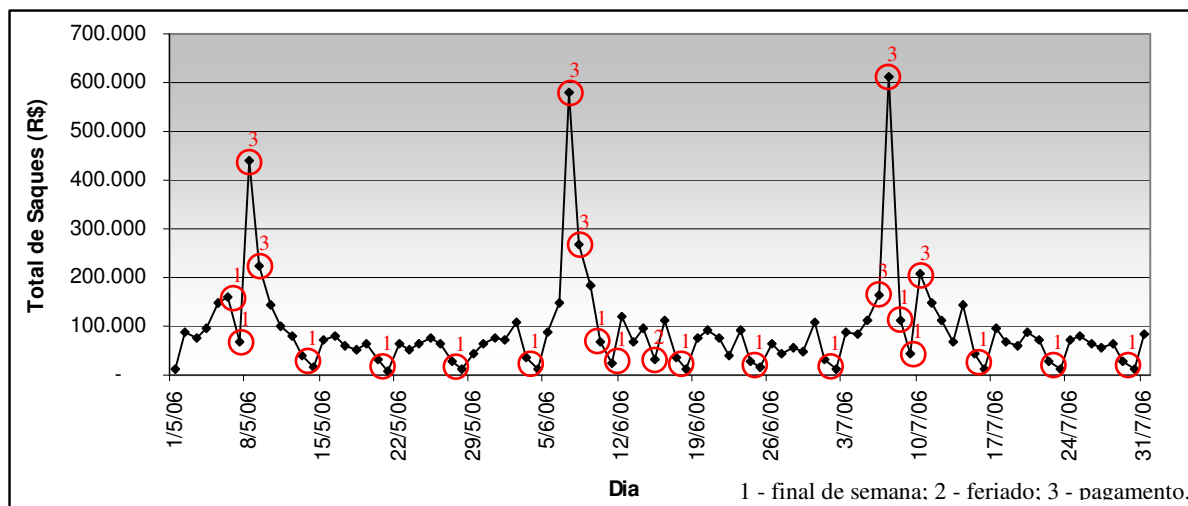


Gráfico 3.1 - Valor total diário de saques na Agência STN - maio, junho e julho de 2006.

Como não houve indisponibilidade de numerário em nenhuma das ATMs desta agência neste período, podemos considerar que o comportamento de saques é idêntico ao comportamento da demanda de numerário, ou seja, não houve demanda reprimida.

Analisando esta demanda, podemos perceber sua grande variabilidade, aparentemente com ciclos semanais. Apesar das ATMs funcionarem normalmente em todos os dias da semana, o valor diário total que é sacado é mais elevado de segunda à sexta-feira, com importantes variações entre esses dias, e mais modesto em finais de semana, como pode ser observado nos pontos indicados no gráfico pelo número 1. Além disso, pode-se perceber um grande decréscimo no valor total sacado nos feriados, exemplificado no gráfico pelo número 2, e em contrapartida, um aumento aparente dos saques nas vésperas destes. Outro fator que chama a atenção é o aumento de saques, principalmente, no início de cada mês. Os picos apresentados no gráfico se devem, principalmente, aos salários e benefícios pagos pelo banco. Dependendo do banco e da agência, eles podem ser pagos no 1º, no 2º, no 5º ou no último dia útil do mês, e alguns estão indicados no gráfico pelo número 3.

Além destes fatores, é possível perceber outros fatores que têm influência no valor total dos saques, como o caso de o dia estar entre um feriado e um dia do final de semana (a chamada “ponte de feriado”). Além disso, para algumas tesourarias do banco em estudo, também ocorre o pagamento por data, por exemplo, em todo 15º dia corrido de cada mês, com antecipação para o dia útil imediatamente anterior, caso ocorra num feriado ou num final de semana.

Além dessas variações de curto prazo, podemos perceber variações relacionadas ao mês, além de percebermos também alguma tendência de crescimento dos valores quando nos atentamos para um período ainda maior, próximo de um ano.

Para melhor compreender a comportamento da demanda de numerário, será iniciada uma análise referente ao comportamento em função do dia do mês e do dia útil. Os gráficos de dispersão a seguir (gráficos 3.2 e 3.3) correspondem ao histórico de saques da agência STN, janeiro de 2005 a julho de 2006.

Nesses gráficos, observa-se uma menor dispersão dos saques em função dos dias úteis, dispostos do 1º ao 20º dia útil, além dos três últimos dias úteis de cada mês indicados por -3, -2 e -1, contrapondo-se aos saques identificados em função dos dias do mês, que variam de 1 a 31, distribuídos de maneira mais dispersa.

No Gráfico 3.3, é interessante observar que o total sacado no quinto dia útil varia em torno de uma média mais elevada que as médias dos demais dias úteis do mês. Alguns dias próximos ao quinto dia útil também apresentam uma média de saques elevada. Dessa forma, o dia útil parece ser uma variável importante para a definição do modelo de previsão de demanda.

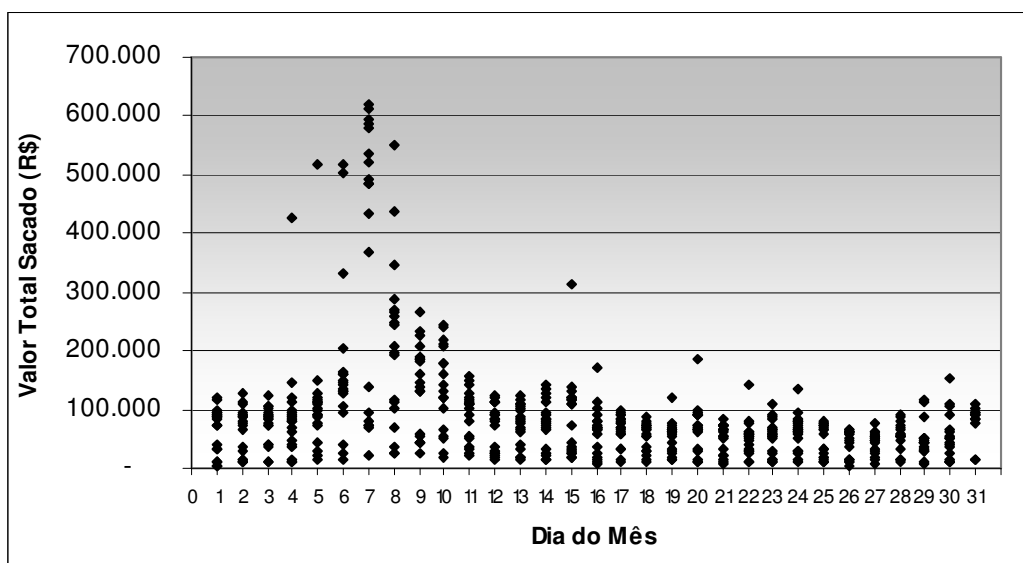


Gráfico 3.2 - Comportamento da demanda diária em função do dia do mês, janeiro de 2005 a julho de 2006.

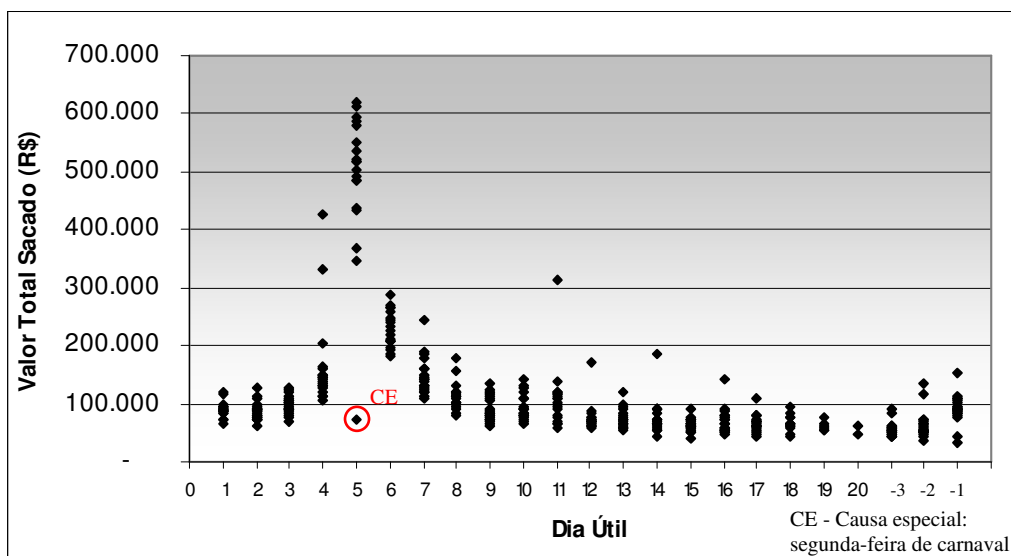


Gráfico 3.3 - Comportamento da demanda diária em função do dia útil do mês, janeiro de 2005 a julho de 2006.

No processo atual, os analistas que realizam essa atividade diária de previsão adquiriram, através da experiência, uma boa sensibilidade para perceber as causas dessas variações. De qualquer modo, o que nos chama atenção neste tipo de problema de previsão é que se mostram muito importantes as sazonalidades na elaboração do modelo de previsão. Por isso, precisa-se de um método que seja capaz de perceber as informações conhecidas das datas, como dia da semana, dia útil, dia de pagamento, feriado, véspera de feriado, ponte de feriado etc, e oferecer uma previsão satisfatória.

Na revisão bibliográfica, o modelo de Regressão Múltipla com Variáveis “*Dummy*” se mostra adequado porque as variáveis *dummy* permitem a formulação de uma equação de previsão a partir da identificação dos atributos de uma certa data. Essas variáveis, indicam se a causa do comportamento da demanda ocorre ou não, como é exemplo do feriado. No período histórico, todos os feriados são identificados no modelo, permitindo que se defina um coeficiente para essa sazonalidade. Caso o dia que se deseja prever seja identificado também como feriado, o coeficiente calculado será utilizado na previsão.

Dessa forma, esse modelo foi o escolhido para realizar a previsão de demanda. No entanto, uma análise é necessária para desenvolver o modelo de maneira que ele possa ser utilizado da melhor forma e para que sejam consideradas as variáveis importantes. As variáveis analisadas são apresentadas a seguir:

Variáveis

y = Valor previsto de saque no dia t para a agência

K = constante

t = tempo (variável inteira)

c_i = coeficiente das variáveis, com $i = 0, 1, 2, 3, 4, 5, \dots, 34$.

Variáveis binárias:

$$S_j = \begin{cases} 1 & \text{se a data é o } j\text{-ésimo dia da semana, com } j = 1, 2, 3, \dots, 7 \\ & \text{(sendo 1 para domingo, 2 para segunda-feira etc);} \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

$$U_k = \begin{cases} 1 & \text{se a data é o } k\text{-ésimo dia útil do mês, com } k = -3, -2, -1, 1, 2, 3, \dots, 20. \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

$$F = \begin{cases} 1 & \text{se a data for feriado.} \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

$$V = \begin{cases} 1 & \text{se a data for véspera de feriado.} \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

$$P = \begin{cases} 1 & \text{se a data for ponte de feriado.} \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

$$S_p = \begin{cases} 1 & \text{se a data corresponder sábado mais próximo ao pagamento do 5º dia útil.} \\ 0 & \text{c.c.} \end{cases}$$

Como foi descrito, as variáveis binárias assumem valor 1 caso a data especificada atenda às condições referentes ao dia útil, dia da semana, feriado e suas implicações. Caso contrário, assumem valor 0. Na tabela 3.1, temos um exemplo com uma parte do histórico utilizado e algumas das variáveis que, a princípio, foram consideradas importantes:

Tabela 3.1 - Identificação dos atributos das datas (saque diário em R\$).

Data	Saque	t	S ₁	S ₂	...	S ₇	F	V	P	Sp	U ₁	U ₂	U ₃	...	U ₋₃	U ₋₂	U ₋₁
1/1/2005	3.411	1	0	0	...	0	1	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
2/1/2005	10.986	2	1	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
3/1/2005	83.048	3	0	1	...	0	0	0	0	0	1	0	0	...	0	0	0
4/1/2005	63.166	4	0	0	...	0	0	0	0	0	0	1	0	...	0	0	0
5/1/2005	77.108	5	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	1	...	0	0	0
6/1/2005	104.497	6	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
7/1/2005	522.216	7	0	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
8/1/2005	69.003	8	0	0	...	1	0	0	0	1	0	0	0	...	0	0	0
9/1/2005	26.755	9	1	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
10/1/2005	210.921	10	0	1	...	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
...							
30/7/2006	12.546	576	1	0	...	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0
31/7/2006	82.678	577	0	1	...	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	1

A partir de uma tabela como esta e que cobre um período de 19 meses, foram feitas as análises de regressão para a escolha das variáveis importantes do modelo de previsão. Para as análises, foi utilizado o *software* estatístico Minitab 14[®].

Nessas análises, foi possível testar os modelos de regressão múltipla com variáveis *dummy* na forma linear e na forma de potência. Os modelos completos na forma linear e de potência podem vistos nas eqs (2) e (3):

Modelo Linear

$$y = K + c_0 t + c_1 S_1 + c_2 S_2 + c_3 S_3 + c_4 S_4 + c_5 S_5 + c_6 S_6 + c_7 S_7 + c_8 U_{-1} + c_9 U_{-2} + c_{10} U_{-3} + c_{11} U_1 + c_{12} U_2 + c_{13} U_3 + c_{14} U_4 + \dots + c_{30} U_{20} + c_{31} F + c_{32} V + c_{33} P + c_{34} S_p \quad (2)$$

Modelo de Potência

$$y = K \cdot c_0^t \cdot c_1^{S_1} \cdot c_2^{S_2} \cdot c_3^{S_3} \cdot c_4^{S_4} \cdot c_5^{S_5} \cdot c_6^{S_6} \cdot c_7^{S_7} \cdot c_8^{U_{-3}} \cdot c_9^{U_{-2}} \cdot c_{10}^{U_{-1}} \cdot c_{11}^{U_1} \cdot c_{12}^{U_2} \cdot c_{13}^{U_3} \cdot c_{14}^{U_4} \dots c_{30}^{U_{20}} \cdot c_{31}^F \cdot c_{32}^V \cdot c_{33}^P \cdot c_{34}^{S_p} \quad (3)$$

Além dos modelos descritos, foram testadas suas versões reduzidas, extraindo algumas variáveis de modo a simplificar o equacionamento. Para o modelo na forma de potência, foi realizada uma transformação linear dos dados antes de realizar as análises através do Minitab 14[®].

Os testes para a escolha do modelo de regressão são feitos utilizando os dados da agência STN, referentes ao período de 01/01/2005 a 31/07/2006. Primeiramente, são comparadas duas alternativas do modelo linear. Em seguida, comparam-se duas variações do modelo de potência para, numa última análise, comparar os resultados da melhor alternativa de cada modelo e apresentar a solução escolhida.

Modelo Linear

As variáveis consideradas para os modelos iniciais, chamados de Linear 1 e Potência 1, são $S_1, S_2, \dots, S_7, F, V, P, Sp, U_{-3}, U_{-2}, U_{-1}, U_1, U_2, U_3, \dots, U_{20}$. As considerações feitas e os resultados podem ser vistos nas tabelas 3.2, 3.3 e 3.4, a seguir, sendo que:

R^2 = Índice de Correlação (%);

R^2_{adj} = Índice de Correlação Ajustado(%);

EAM = Erro Absoluto Médio (%);

EQM = Erro Quadrático Médio.

Tabela 3.2 - Comparação das Variações do Modelo Linear.

Método	Variáveis	Número de Variáveis	R^2 (%)	R^2_{adj} (%)	EAM (%)	EQM ($\div 1000$)
Linear 1	$S_1, S_2, \dots, S_7, F, V, P, Sp, U_{-3}, U_{-2}, U_{-1}, U_1, U_2, \dots, U_{20}$	35	88,8	87,8	25,15	950.356
Linear 2	Idem ao 1, menos $U_{12}, U_{13}, \dots, U_{20}$	26	88,4	87,5	28,12	966.178

Para o modelo linear, de acordo com o software estatístico utilizado, as variáveis que apresentaram maior influência no comportamento dos saques, em ordem decrescente de importância, foram $U_5, U_6, S_1, U_4, S_7, U_7, S_6, F, P, Sp, U_{11}, U_8, t, U_3, V, U_9, U_{10}, U_1, U_2, U_{-1}, S_2$. Assim, as variáveis extraídas do modelo inicial (Linear 1), para a simulação do modelo Linear 2, foram as que se apresentaram como as menos importantes para o ajuste do modelo.

Apesar de um número significativamente menor de variáveis, o modelo Linear 2 apresentou resultados inferiores, quando comparado ao modelo Linear 1 em termos de índice

de correlação (88,4% contra 88,8% do Linear 1), índice de correlação ajustado (87,5% contra 87,8%), erro percentual médio (28,12% contra 25,15%) e o erro quadrático (aproximadamente 966×10^6 contra 950×10^6 do modelo linear). Portanto, como o número reduzido de variáveis não justificou a utilização do modelo Linear 2, o modelo Linear 1 foi o escolhido entre os modelos lineares.

Modelo de Potência

Tabela 3.3 - Comparação das Variações do Modelo de Potência.

Método	Variáveis	Número de Variáveis	R^2 (%)	R^2_{adj} (%)	EAM (%)	EQM ($\div 1000$)
Potência 1	$S_1, S_2, \dots, S_7, F, V, P, Sp, U_1, U_2, \dots, U_{20}, U_{-3}, U_{-2}, U_{-1}$	35	88,8	88,0	20,49	816.670
Potência 2	Idem ao 1, menos $U_{12}, U_{13}, \dots, U_{20}$	26	88,5	87,9	20,87	823.769

Para o modelo de potência completo, chamado de Potência 1, as variáveis mais importantes de acordo com o Minitab 14[®], em ordem decrescente, foram $S_1, U_5, S_7, F, U_6, Sp, U_4, U_7, S_6, U_8, U_{-3}, U_{11}, U_3, t, U_{-2}, U_{15}, P, U_9, U_1, U_{10}, U_2, U_{-1}, U_{12}, U_{13}, U_{14}, U_{16}$.

Analisando a Tabela 3.3, nota-se que o modelo de Potência 1 apresentou melhores resultados (R^2 , R^2_{adj} , EAM e EQM) em relação ao modelo com menor número de variáveis. Assim, opta-se pelo modelo de Potência 1. No entanto, caso se considere que a redução do número de variáveis trará grandes benefícios na implementação do modelo, pode-se considerar o segundo modelo.

Comparação final dos modelos: Linear 1 x Potência 1

Assim, na Tabela 3.4, o principal modelo linear é comparado com o melhor entre os que estão na forma de potência.

Tabela 3.4 - Comparação final entre os melhores modelos Linear e de Potência.

Método	Variáveis	R^2 (%)	R^2_{adj} (%)	EAM (%)	EQM (÷1000)
Linear 1	$S_1, S_2, \dots, S_7, F, V, P, Sp,$ $U_{-3}, U_{-2}, U_{-1}, U_1, U_2, \dots U_{20}$	88,8	87,8	25,15	950.356
Potência 1	$S_1, S_2, \dots, S_7, F, V, P, Sp,$ $U_{-3}, U_{-2}, U_{-1}, U_1, U_2, \dots U_{20}$	88,8	88,0	20,49	816.670

Os dois modelos comparados na Tabela 3.4 apresentam resultados de índice de correlação muito próximos, com pequena vantagem para o modelo Potência 1 em termos de R^2_{adj} (88,0% contra 87,8%). No entanto, quando são analisados os erros percentuais médios e os erros quadráticos, o modelo de Potência apresenta uma vantagem considerável, com quase 5 pontos percentuais a menos em termos de erro médio (20,49% contra 25,15% do modelo Linear 1). Diante dos resultados, o modelo Potência 1 foi selecionado.

No Anexo 1, foi verificada a normalidade da demanda, além da normalidade dos erros absolutos obtidos com a aplicação do modelo Potência 1. Assim, o modelo de regressão múltipla com variáveis *dummy* na forma de potência será proposto como a solução do problema de previsão de demanda em agências.

No gráfico 3.4, observa-se o resultado da aplicação do modelo de regressão com variáveis *dummy* na forma de potência nos meses de junho e julho para a agência STN.

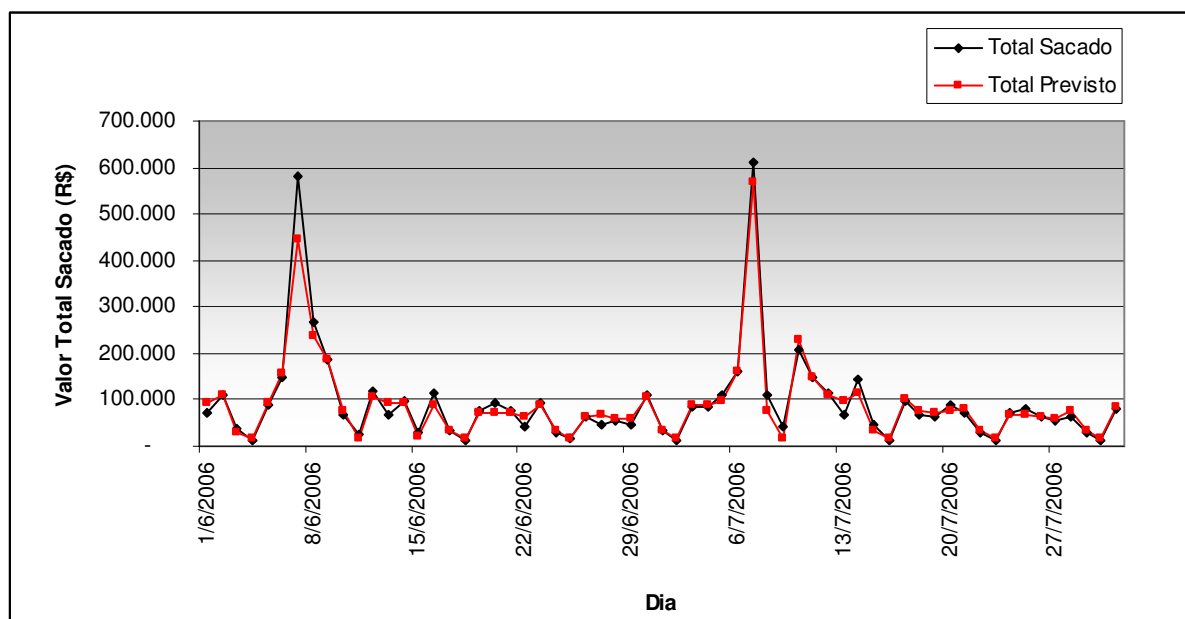


Gráfico 3.4 - Modelo ajustado para a agência STN – junho e julho de 2006.

3.2 Previsão Detalhada de Saques para ATMs da Agência

Para agências bancárias com caixas eletrônicos, a demanda total da agência não varia consideravelmente com o número de ATMs em funcionamento. Por exemplo, se por algum motivo, fique indisponível 1 ATM de uma agência que possui 7 ATMs, as outras 6 máquinas terão sua demanda aumentada, mas o valor total sacado no dia será muito próximo do que seria caso todas as ATMs funcionassem normalmente.

Outro fator importante é que os saques se distribuem de forma irregular entre as ATMs de uma mesma agência. No Gráfico 3.5, a seguir, temos os valores totais sacados por ATM da agência STN, referente ao período histórico considerado anteriormente (de 01/01/2005 a 31/07/2006):

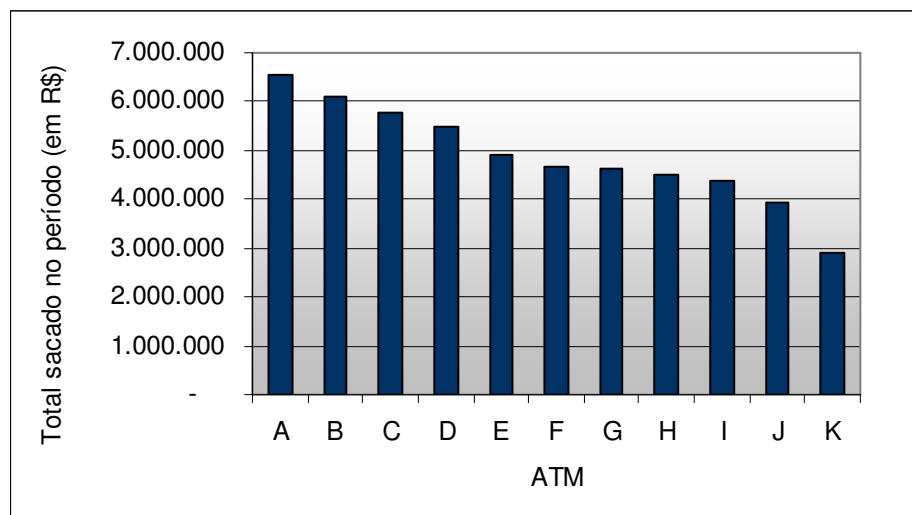


Gráfico 3.5 - Total Sacado por ATM da agência STN, de janeiro de 2005 a julho de 2006.

Como podemos observar no gráfico, o valor total sacado varia consideravelmente entre as ATMs de uma mesma agência. É importante citar que, no período citado, não houve uma quantidade significativa de quebras que pudesse afetar a interpretação dos dados.

Esta variação ocorre pela influência de fatores como o tipo de serviço oferecido pelo caixa eletrônico e sua localização dentro da agência. Como relação ao tipo de serviço, alguns caixas eletrônicos possibilitam também a realização de depósitos bancários. Assim, uma ATM que permite a realização dessas transações fica menos tempo disponível para a realização de saques. Em termos de localização dentro da agência, ocorre que, ao entrarem numa agência bancária, principalmente fora dos horários de pico, quando as agências estão mais vazias, os clientes optam pelas mesmas ATMs, deixando de lado aquelas que estão localizadas, por exemplo, no canto da sala de auto-atendimento. Atualmente, nos sistemas utilizados pela empresa, não há registros que possibilitem verificar remotamente a localização das ATMs, impossibilitando demonstrar neste estudo essa a correlação entre demanda e localização da ATM. No entanto, isso não impossibilita que se considere que a demanda é desbalanceada dentro de uma agência, já que os valores sacados se apresentam de forma muito desigual.

Pelos motivos citados anteriormente, decidiu-se realizar a previsão de demanda de numerário para as ATMs através de um rateio do valor previsto para a agência. Para isso, foi utilizada uma taxa que é o valor percentual médio de saque realizado pela ATM em relação ao saque da agência. Com base nos valores totais mostrados no gráfico anterior, os percentuais de rateio para a agência STN estão descritos na tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Percentual Médio de Saques em relação ao total da agência STN, março a julho de 2006.

Número da ATM	Percentual de saque em relação à agência
A	12,24%
B	11,85%
C	11,14%
D	10,40%
E	9,94%
F	9,02%
G	8,39%
H	8,22%
I	7,17%
J	7,15%
K	4,48%

Definidos a previsão de saques para a agência STN e os percentuais de rateio, verifica-se os resultados da previsão para cada ATM, referentes ao período histórico. Os gráficos a seguir apresentam os resultados da previsão para cada uma das 11 ATMs da agência STN, nomeadas com letras de A a K. As tabelas com os resultados da previsão por ATM podem ser verificados no Anexo 2.

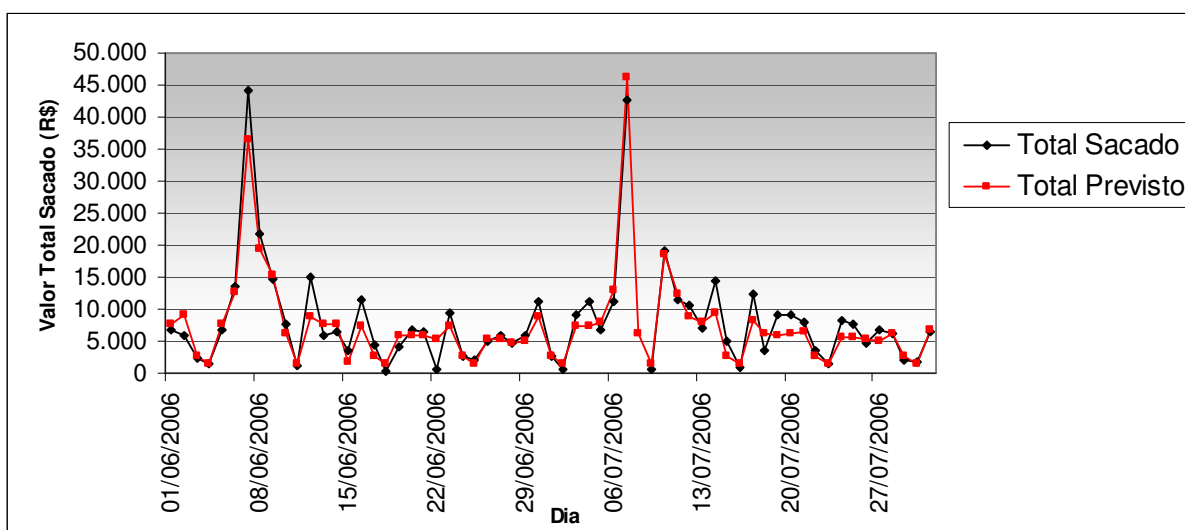


Gráfico 3.6 – Modelo ajustado para a ATM A da agência STN – junho e julho de 2006.

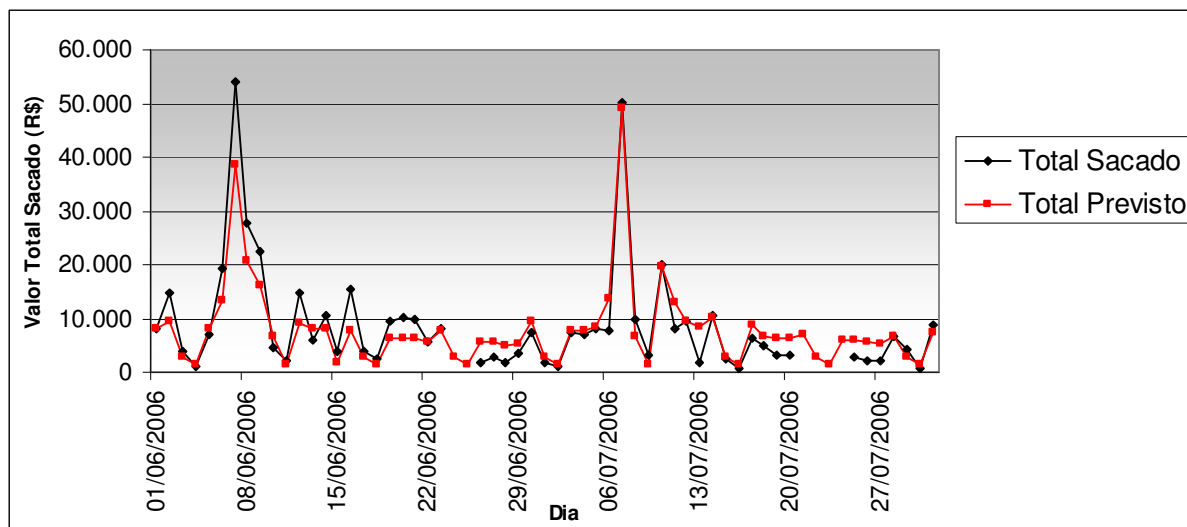


Gráfico 3.7 – Modelo ajustado para a ATM B da agência PIN - junho e julho de 2006.

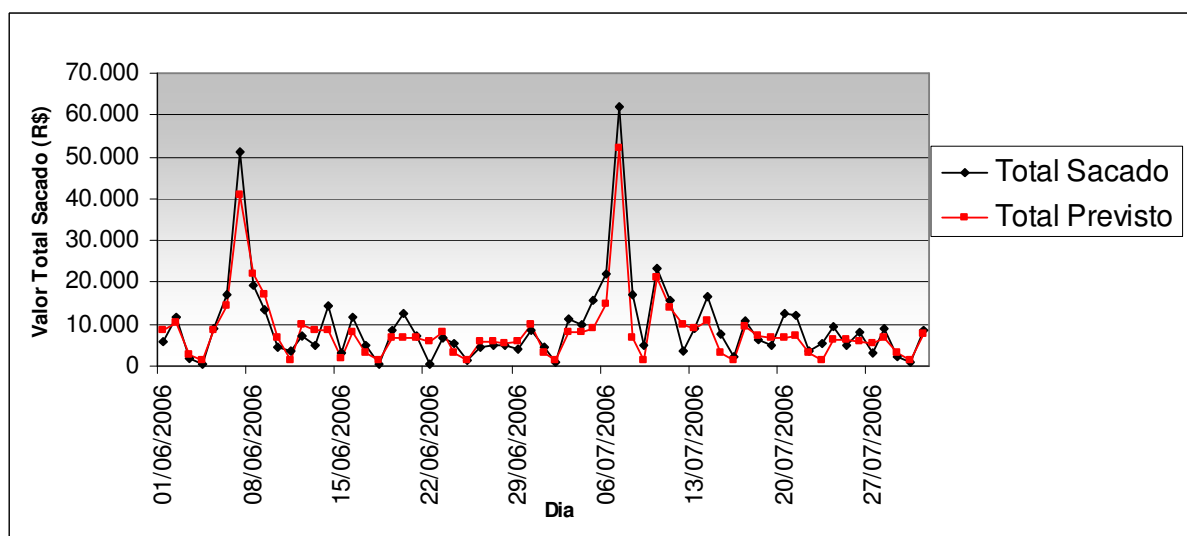


Gráfico 3.8 – Modelo ajustado para a ATM C da agência STN – junho e julho de 2006.

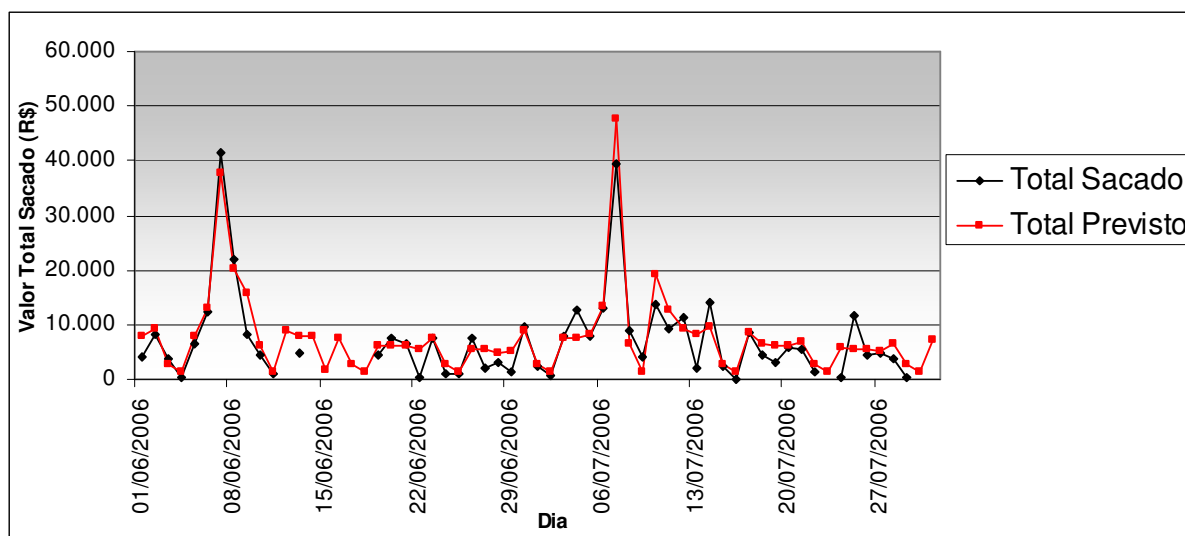


Gráfico 3.9 – Modelo ajustado para a ATM D da agência STN – junho e julho de 2006.

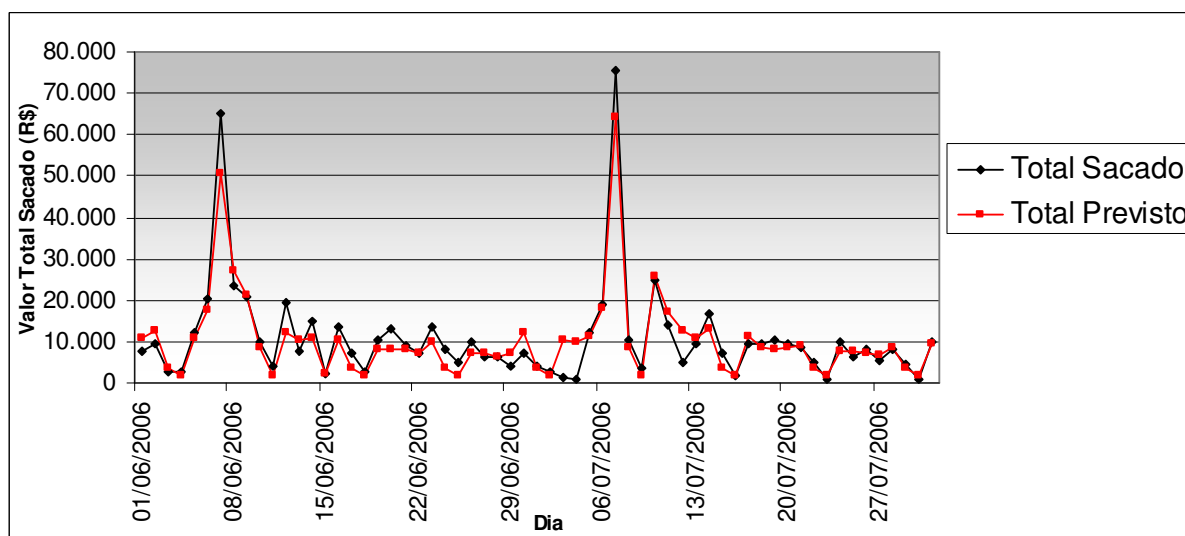


Gráfico 3.10 – Modelo ajustado para a ATM E da agência STN – junho e julho de 2006.

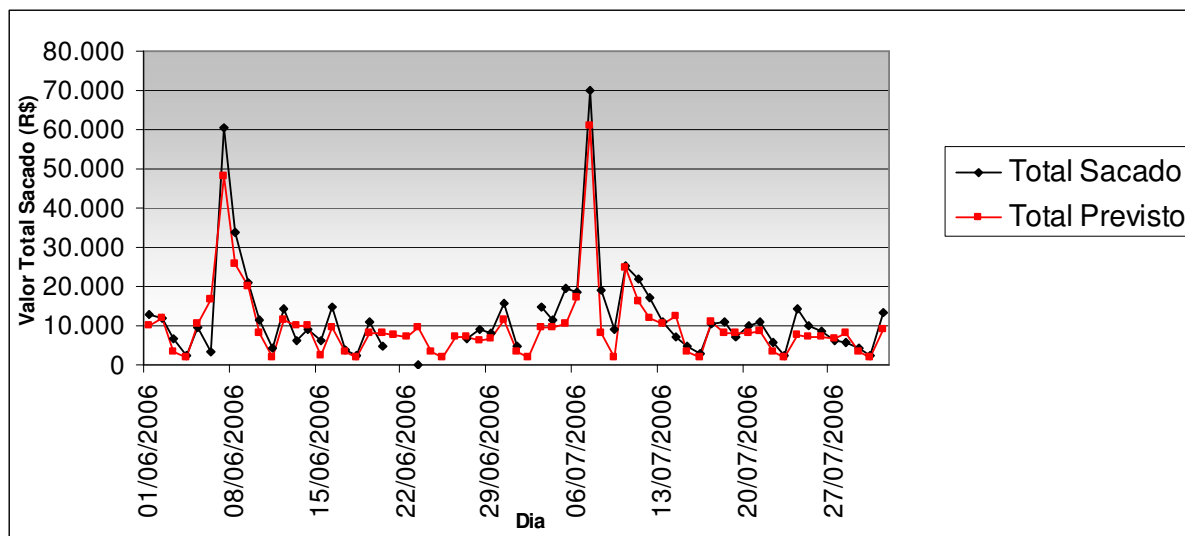


Gráfico 3.11 – Modelo ajustado para a ATM F da agência STN – junho e julho de 2006.

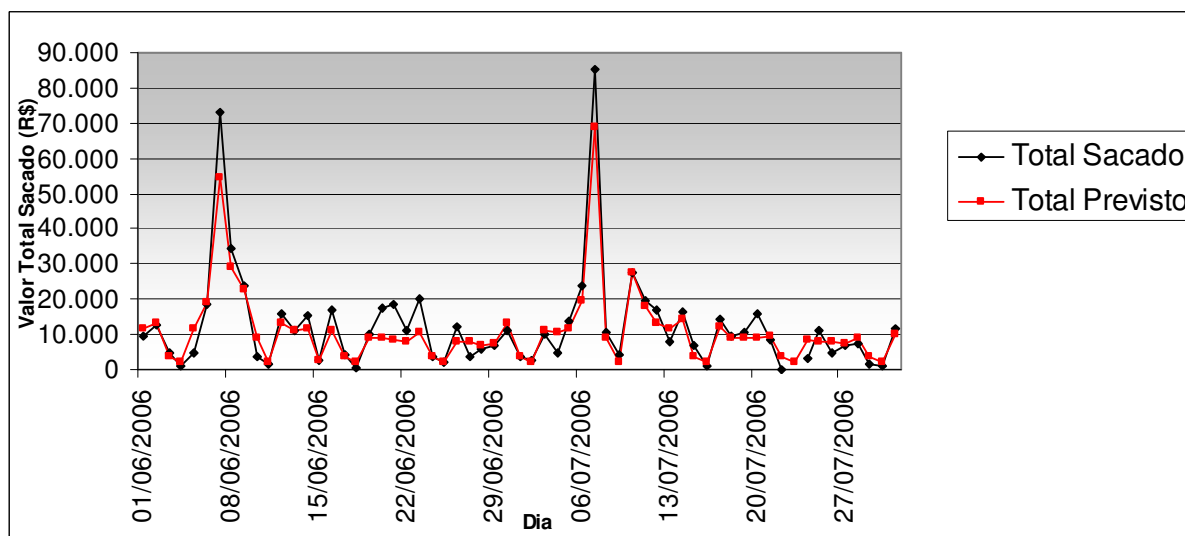


Gráfico 3.12 – Modelo ajustado para a ATM G da agência STN – junho e julho de 2006.

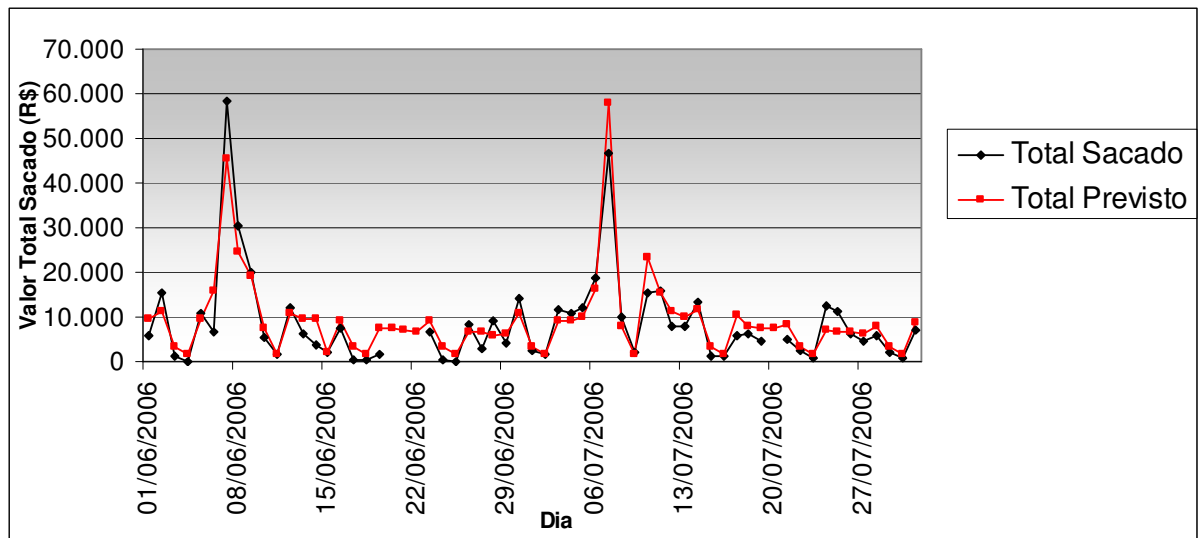


Gráfico 3.13 – Modelo ajustado para a ATM H da agência STN – junho e julho de 2006.

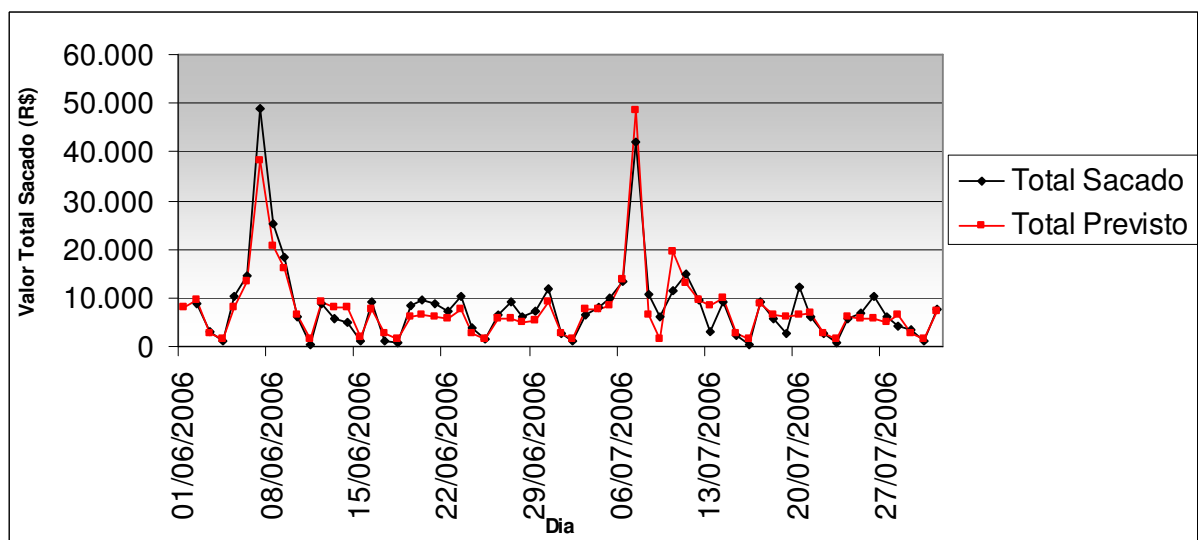


Gráfico 3.14 – Modelo ajustado para a ATM I da agência STN – junho e julho de 2006.

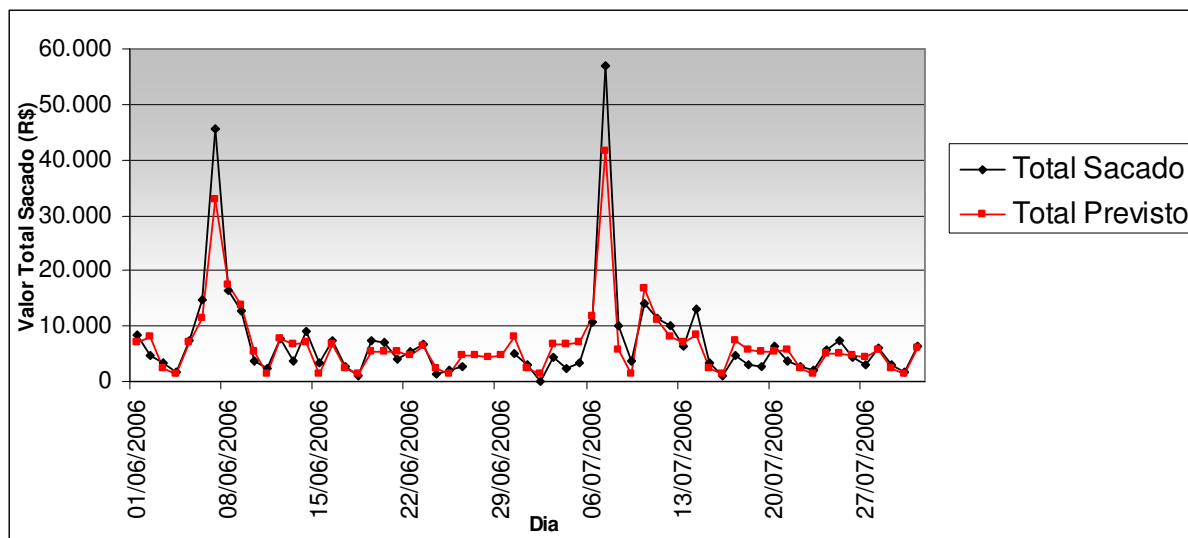


Gráfico 3.15 – Modelo ajustado para a ATM J da agência STN – junho e julho de 2006.

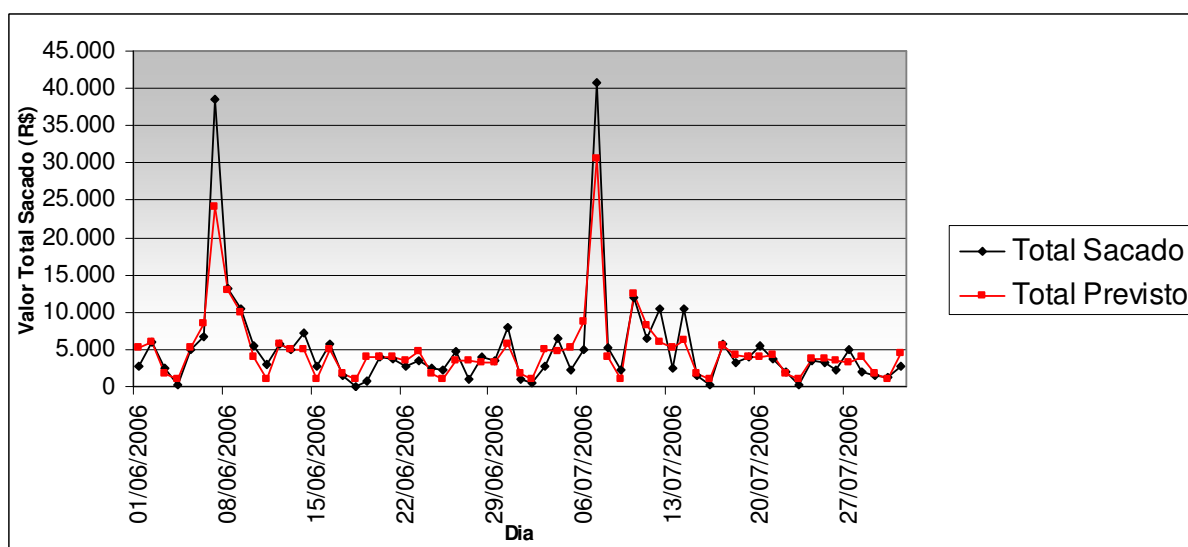


Gráfico 3.16 – Modelo ajustado para a ATM K da agência STN – junho e julho de 2006.

Alguns valores dos saques reais diários ficaram iguais a zero. Isso significa que ocorreu algum defeito na ATM que a impossibilitou de efetuar transações desse tipo nesses dias. Pode-se considerar que os resultados obtidos para as previsões das ATMs foram bastante satisfatórios.

4 MODELO DE REPOSIÇÃO DE NUMERÁRIO

Determinado o modelo de previsão de demanda que será utilizado, este capítulo apresenta a definição da política de reposição de numerário nos caixas eletrônicos.

4.1 Reposição de Estoques

Para a realização do planejamento de abastecimento de ATMs, é importante citar novamente uma restrição do problema: a frequência de visitas para cada ponto (agência ou quiosque) já está definida entre a PCS e a Transportadora de Valores, de modo que os dias e horários para abastecimento de ATMs devem ser respeitados. No caso das agências consideradas neste trabalho, está definido que elas podem ser abastecidas às terças e às quintas-feiras. Na Tabela 4.1., observa-se a quantidade de caixas eletrônicos em cada uma das 7 agências.

Tabela 4.1 - Quantidade de ATMs por agência.

Nome da Agência	Tipo do Local	Quantidade de ATMs
STN	Agência	11
PIN	Agência	4
TAT	Agência	4
MAR	Quiosque	1
UNI	Agência	7
PAM	Agência	4
PAC	Quiosque	2

Na figura 4.1, é apresentada, esquematicamente, a dinâmica de reposição de numerário. Podemos observar os dias de abastecimento dos caixas eletrônicos e também notar que as quantidades a serem abastecidas devem ser informadas às transportadoras com um dia de antecedência. Neste caso, às segundas e quintas-feiras.

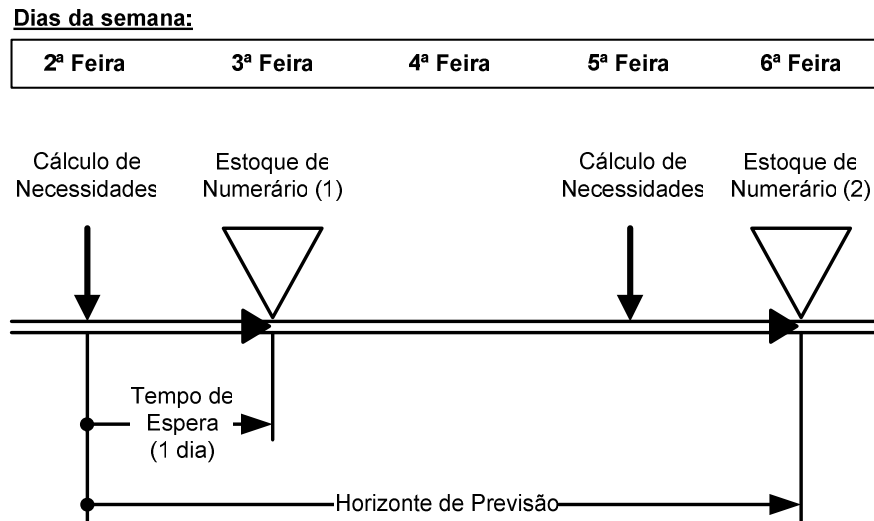


Figura 4.1 - Reposição de Estoque nas ATMs.

De acordo com a Tabela 4.1, verifica-se que os dias de atendimento já estão definidos, eliminando possivelmente algumas alternativas de solução. Entre os modelos de estoque tradicionais, apenas o modelo de Reposição Periódica se enquadraria nesse problema, já que opera com frequência definida.

Os pedidos de abastecimento são enviados às transportadoras no final do dia anterior ao abastecimento. Por isso, é possível considerar o saldo final do dia referente ao pedido. Para os pedidos feitos às segundas-feiras, para serem atendidos às terças, o horizonte de previsão é de quatro dias, já que o estoque deve atender até o próximo abastecimento, que será realizado na sexta, ou seja, deve atender a demanda de terça, quarta, quinta e sexta-feira. Para os pedidos feitos às quintas, o horizonte de previsão é de cinco dias. Nas equações (4) e (5), utilizadas para o cálculo de necessidades da ATM k ($k = 1, \dots, 11$), os dias da semana estão indicados pela letra j , que varia de 1 a 7, com $j=1$ para domingo, $j=2$ para segunda-feira etc.

$$\text{Lote}_{2,3}^k = \text{Prev}_3^k + \text{Prev}_4^k + \text{Prev}_5^k + \text{Prev}_6^k - \text{EstoqueFinal}_2^k + \text{EstSeg}^k \quad (4)$$

$$\text{Lote}_{5,6}^k = \text{Prev}_6^k + \text{Prev}_7^k + \text{Prev}_1^k + \text{Prev}_2^k + \text{Prev}_3^k - \text{EstoqueFinal}_5^k + \text{EstSeg}^k \quad (5)$$

De acordo com a eq.(4), o lote da ATM k , pedido na segunda feira para ser entregue na terça, é igual à soma das previsões de terça até sexta-feira, menos o estoque final da segunda-feira e mais o estoque de segurança. Para o cálculo do lote pedido na quinta-feira,

mostrado na eq.(4), o valor é igual à soma das previsões de sexta a terça-feira, menos o saldo final de quinta-feira, mais o estoque de segurança.

Para o estoque de segurança das ATMs, será utilizado um valor igual a duas vezes o erro absoluto médio (EAM), podendo-se obter assim um nível estimado de atendimento próximo a 98%, nível este satisfatório e muito próximo do nível de serviço atual, que é de 98,1%.

4.2 Processo Proposto para Cálculo de Necessidades

A partir dos modelos de previsão de demanda e de cálculo de necessidades definidos no capítulo anterior, é possível propor um fluxograma do processo de planejamento de abastecimento de numerário em ATMs, como pode ser observado abaixo:

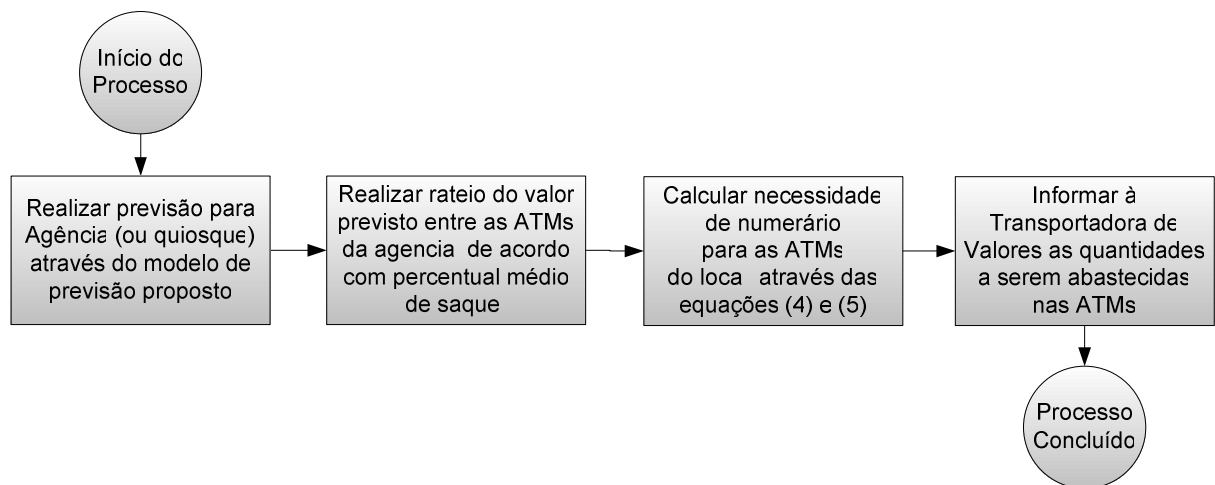


Figura 4.2 - Fluxograma proposto para planejamento de abastecimento de ATMs.

5 APLICAÇÃO DOS MODELOS

5.1 Resultados da Previsão de Demanda

Após a definição do modelo de previsão, este foi aplicado às agências da tesouraria piloto. As tabelas de cálculo encontram-se no Anexo 2 e os resultados dos erros de previsão por agência, para o mês de agosto de 2006, são apresentados na tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Erro de previsão por agência - agosto de 2006.

Nome do Local	Tipo do Local	Média dos Erros Relativos Diários	Média dos Erros Absolutos Diários
STN	Agência	-4,93%	14,37%
PIN	Agência	-0,19%	22,88%
TAT	Agência	0,25%	17,37%
MAR	Quiosque	13,54%	32,89%
UNI	Agência	7,84%	21,75%
PAM	Agência	5,26%	20,29%
PAC	Quiosque	10,62%	28,44%

Nos gráficos 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6 e 5.7, pode-se observar os resultados da previsão para o mês de agosto de 2006 para cada uma das agências consideradas no trabalho.

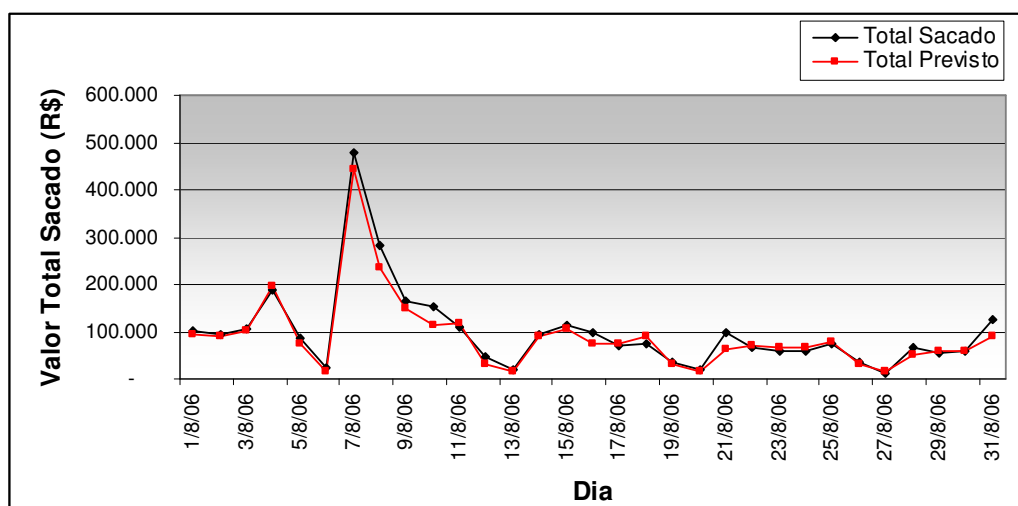


Gráfico 5.1 - Resultado da previsão de saques diários para agência STN - agosto de 2006.

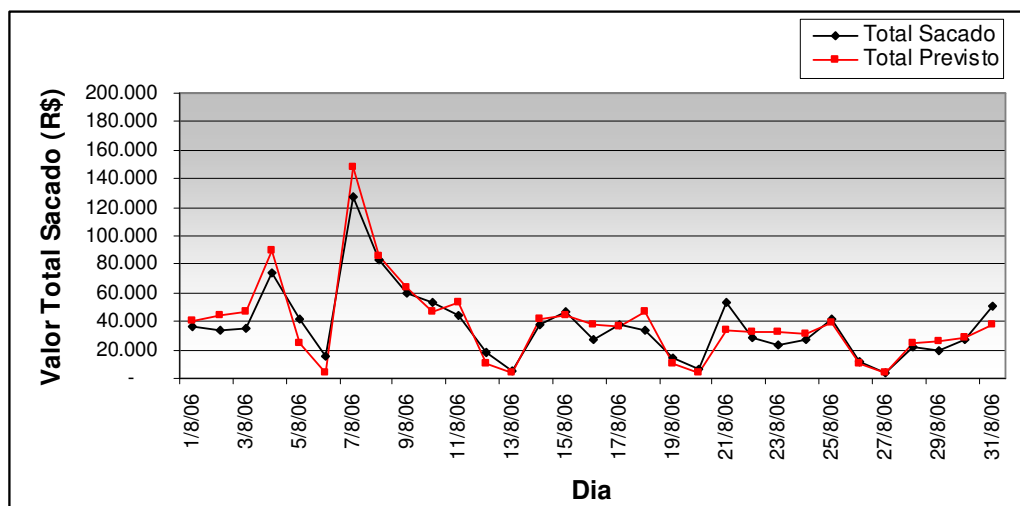


Gráfico 5.2 - Resultado da previsão de saques diários para agência PIN - agosto de 2006.

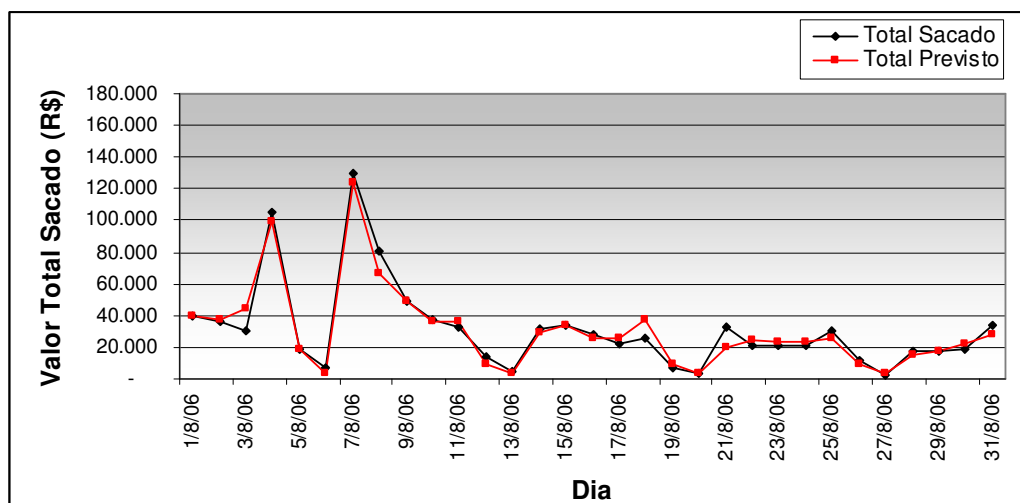


Gráfico 5.3 - Resultado da previsão de saques diários para agência TAT - agosto de 2006.

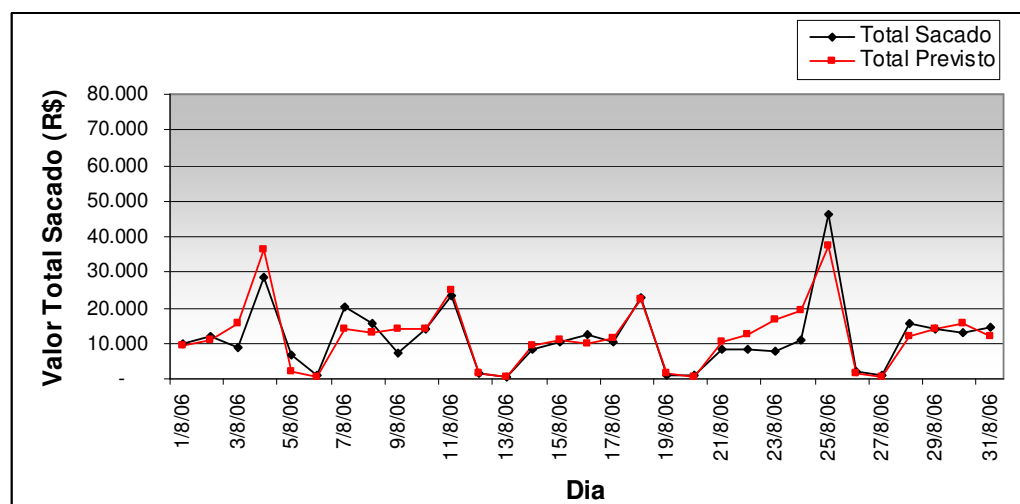


Gráfico 5.4 - Resultado da previsão de saques diários para agência MAR - agosto de 2006.

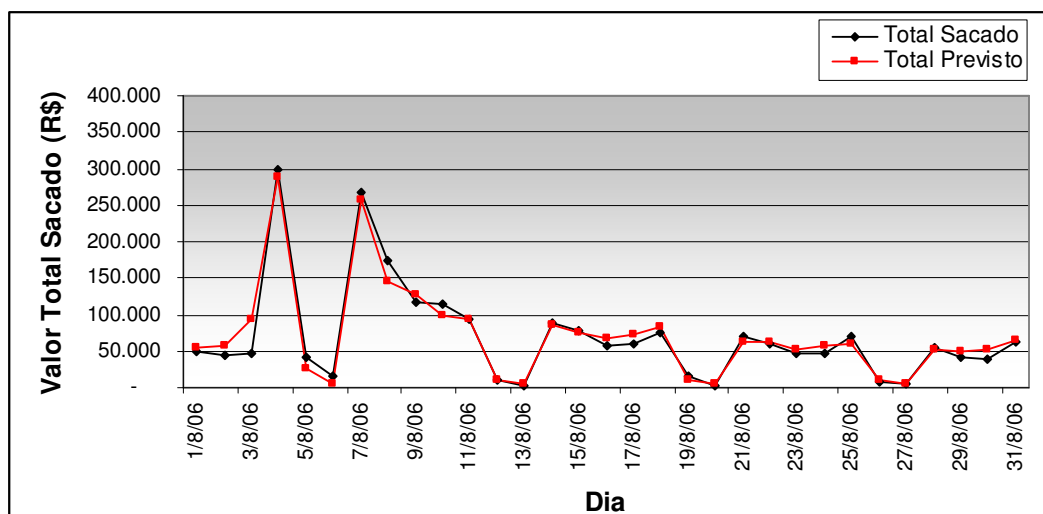


Gráfico 5.5 - Resultado da previsão de saques diários para agência UNI - agosto de 2006.

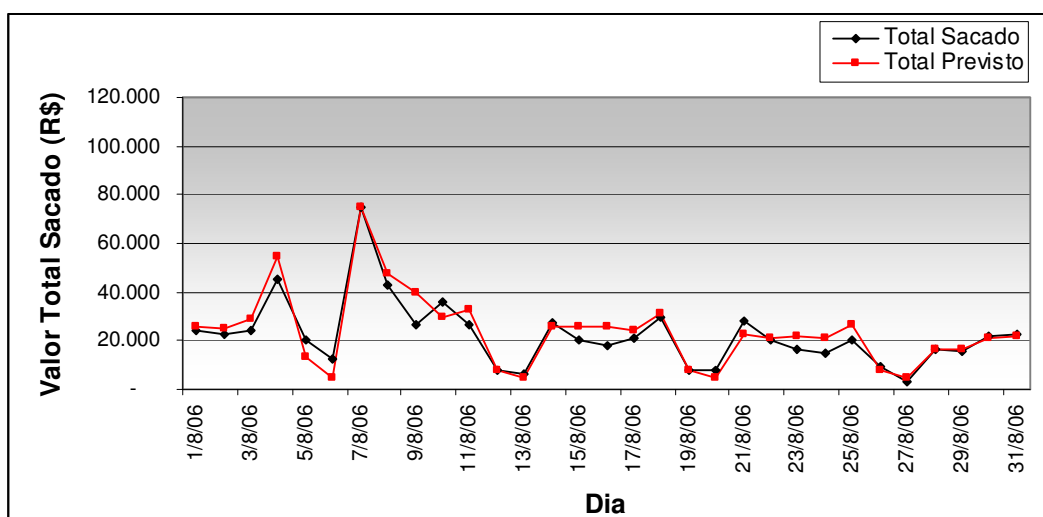


Gráfico 5.6 - Resultado da previsão de saques diários para agência PAM - agosto de 2006.

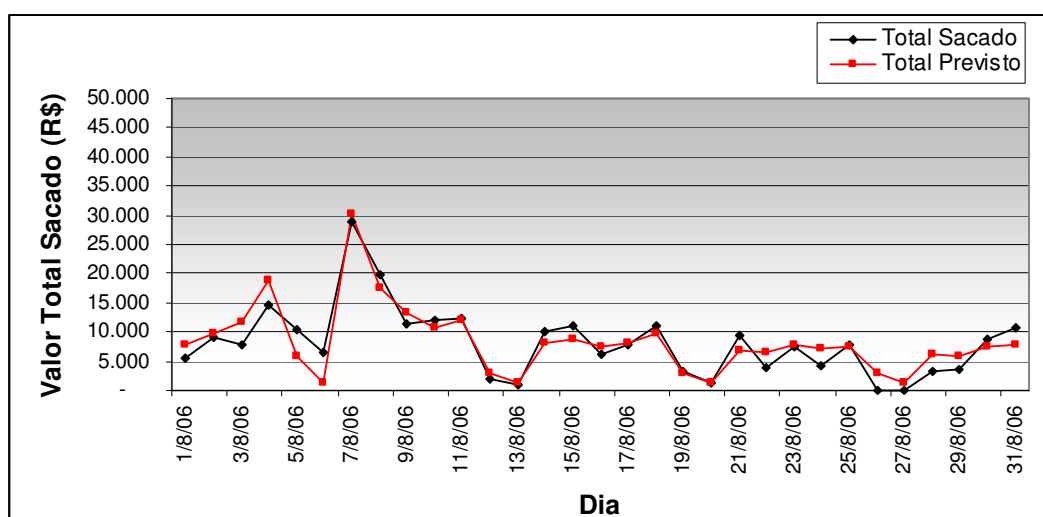


Gráfico 5.7 - Resultado da previsão de saques diários para agência PAC - agosto de 2006.

Depois de realizar a previsão por local (agência ou quiosque), realizou-se o rateio dos valores previstos entre as ATMs, utilizando o percentual que cada ATM corresponde em relação ao ponto ao qual pertence, mostrado na tabela a seguir:

Tabela 5.2 - Taxa de rateio da previsão das agências para ATMs - janeiro de 2005 a julho de 2006.

Local	ATM	(%)	Local	ATM	(%)	Local	ATM	(%)
STN	1	7,17%	PIN	1	26,29%	UNI	1	16,86%
STN	2	10,40%	PIN	2	21,86%	UNI	2	19,51%
STN	3	9,02%	PIN	3	32,73%	UNI	3	18,69%
STN	4	8,39%	PIN	4	19,13%	UNI	4	15,03%
STN	5	11,85%	TAT	1	29,35%	UNI	5	14,18%
STN	6	11,14%	TAT	2	27,79%	UNI	6	9,17%
STN	7	12,24%	TAT	3	25,33%	UNI	7	6,56%
STN	8	9,94%	TAT	4	17,53%	PAM	1	25,09%
STN	9	8,22%	MAR	1	100,00%	PAM	2	14,96%
STN	10	7,15%	PAC	1	58,27%	PAM	3	34,60%
STN	11	4,48%	PAC	2	41,73%	PAM	4	25,35%

5.2 Resultados da Reposição de Estoques

Definidos os modelos que serão utilizados, o estoque de segurança a ser considerado e utilizando as previsões já calculadas, pode-se realizar uma simulação dos pedidos de abastecimento para ATMs. Os resultados e a comparação com os números atuais são apresentados a seguir:

Tabela 5.3 - Resultados da reposição de estoques em ATMs, agosto de 2006.

Nome do Ponto	Número de ATMs	Nível de Serviço	Estoque médio de numerário nas ATMs (método atual da empresa)	Estoque médio de numerário nas ATMs (simulação do modelo proposto)	Variação
STN	11	98,30%	45.688	39.529	-13,50%
PIN	4	99,10%	41.080	39.067	-4,90%
TAT	4	98,30%	32.850	30.152	-8,20%
MAR	1	99,16%	51.295	42.693	-16,80%
UNI	7	100%	54.649	50.634	-7,30%
PAM	4	100%	37.980	34.371	-9,50%
PAC	2	97,60%	28.687	24.611	-14,20%
Total	33	98,92%	292.229	261.057	-10,66%

A tabela anterior mostra que os modelos propostos obtiveram resultados satisfatórios, com uma redução total de 10,66% do nível de estoque dos caixas eletrônicos. Além disso, o nível de atendimento se manteve próximo ao nível atual.

5.3 Impacto Econômico da Implementação da Proposta

Para estimar a redução de custos de estoque, será utilizada a hipótese de que a redução de 10% dos níveis de estoque nas ATMs das sete agências consideradas neste trabalho, obtida a partir das simulações referentes ao mês de agosto, deverá se manter para os cerca de 1.700 caixas eletrônicos do banco em estudo.

Uma redução de custo significativa está relacionada ao custo de oportunidade dos clientes. Como já foi dito, o dinheiro disponibilizado pelo banco implica em um custo do capital para ele. Por isso, reduzir o estoque de numerário causa uma redução direta dos custos dos clientes. Para o banco do estudo de caso, o saldo médio de numerário nas ATMs, no final de cada dia, é de cerca de R\$ 115 milhões. Assim, considerando uma taxa média de atratividade do mercado de 10% a.a., temos um custo de oportunidade de R\$ 11,5 milhões por ano. Com uma redução de 10% dos níveis de estoque e, portanto, do custo de oportunidade, o banco deixaria de perder cerca de R\$ 1 milhão e 150 mil por ano.

Em termos de redução de custos para a PCS, não houve uma redução significativa. Uma provável redução de custos está relacionada aos custos dos sinistros. Os furtos a ATMs chegam a somar um prejuízo médio para a PCS em torno de R\$ 85.000 por ano. Com a redução do estoque nas ATMs, não só o valor furtado tende a diminuir, mas também a frequência desses furtos, já que um estoque mais baixo desestimularia os criminosos. No entanto, uma estimativa da redução de custos se tornaria muito subjetiva e imprecisa. Por isso, apesar de ser citado no trabalho, o custo com sinistros não será estimado.

6 CONCLUSÕES

O processo atual utilizado pela Procomp Comércio e Serviços para a previsão e reposição de numerário em ATMs apresenta algumas dificuldades. As variações dos saques diários e o não entendimento claro de suas causas, além de um método não bem definido de cálculo de necessidades, proporcionam um processo menos eficaz e com baixa produtividade.

Assim, este trabalho propõe a implementação de um modelo de previsão de demanda através de uma regressão múltipla com variáveis *dummy*, de modo que, a partir da identificação de algumas características básicas das datas históricas e futuras, é possível realizar a previsão de demanda por agência. O modelo apresentou bons resultados, pois consegue considerar os principais fatores de influência no comportamento da demanda. Além disso, a previsão por agência, seguida de um rateio entre os caixas eletrônicos, possibilitou um melhor ajuste da previsão de acordo com o comportamento da agência, além de tornar o método mais simples do que se fosse realizada uma análise de regressão para cada ATM.

O modelo de reposição, que utiliza o modelo de previsão proposto, foi bem sucedido nas simulações, já que possibilitou uma redução dos níveis de estoque, trazendo ganhos econômicos para os clientes e, conseqüentemente, para a PCS. Além disso, os métodos de previsão e de reposição devem proporcionar ganhos consideráveis de produtividade. A maior parte do tempo dos analistas responsáveis pelo processo é utilizada na análise de dados e na tomada de decisões. Com implementação da proposta, pode-se automatizar o processo de previsão e cálculo de necessidade em ATMs, de modo que o analista seria mais utilizado no tratamento de exceções e no acompanhamento do modelo. Certamente, o indicador atual de 125 ATMs por analista seria aumentado substancialmente.

Um ponto negativo é que, pelas restrições do padrão de abastecimento, não foi possível realizar uma redução considerável dos custos de transporte. Como os abastecimentos das ATMs são feitos em dias pré-definidos em contrato e a roteirização dos carros fortes é responsabilidade exclusiva das Transportadoras de Valores, a análise do problema impossibilitou outras abordagens além das utilizadas.

Um ponto positivo do trabalho, além da redução de custos e do ganho da produtividade, é que ele possibilita que a Procomp Comércio e Serviços desenvolva um *software* de gerenciamento de numerário em caixas eletrônicos, podendo apresentá-lo a seus clientes.

Este trabalho foi apresentado à Coordenação do setor de Gestão de Numerário e também à Diretoria da PCS, sendo muito bem aceito por eles. Dessa forma, o desenvolvimento do *software* responsável pela previsão de demanda e cálculo de necessidades deve começar quando forem definidas as tecnologias utilizadas em termos de armazenamento e processamento de dados.

É muito importante compreender que um projeto como este deve ser continuamente acompanhado e melhorado. A análise de variáveis influentes no comportamento da demanda e a verificação dos erros de previsão e dos níveis de estoque possibilitarão o aperfeiçoamento do modelo e, conseqüentemente, melhores resultados para a empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DRAPER, N.R. **Applied Regression Analysis**. New York, Chichester, Brisbane, Toronto: John Wiley & Sons, Inc., 1966.

MAKRIDAKIS, S.; WHEELWRIGHT, S.; MCGEE, V. **Forecasting: Methods and Applications**, New York: Wiley, 3ª ed., 1983.

BALLOU, R.H. **Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos**, Porto alegre: Bookman, 4ª ed., 2001.

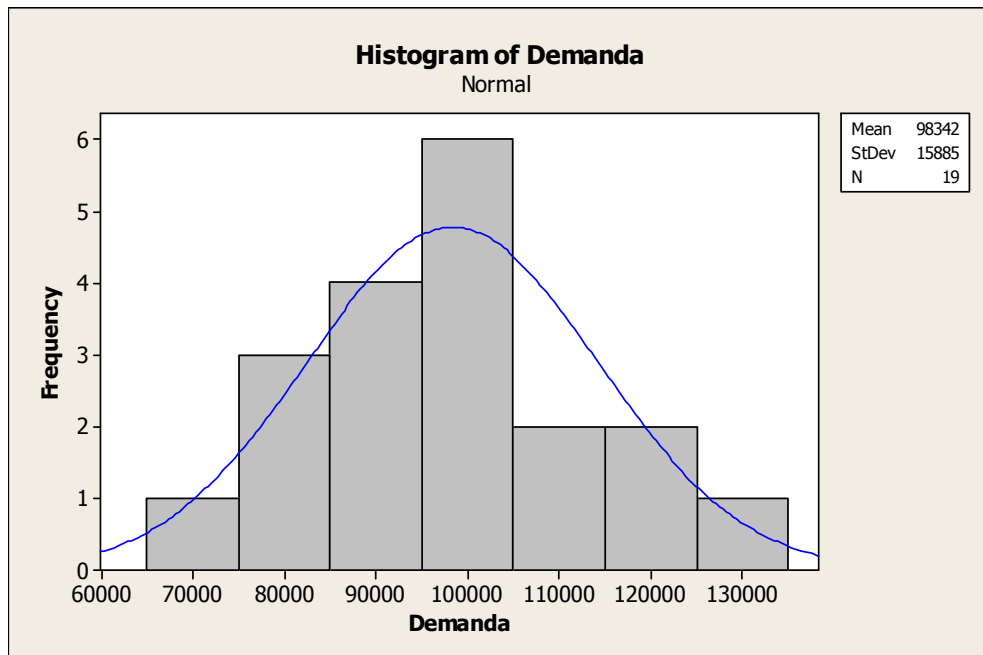
CHASE R. B.; JACOBS, F. R.; AQUILANO, N. J. **Administração da Produção para Vantagem Competitiva**, Porto alegre: Bookman, 10ª ed., 2005.

SANTORO, M.C. **Planejamento, Programação e Controle da Produção – Vol. 1**, São Paulo: Apostila da Disciplina PRO 2415. Departamento de Engenharia de Produção da EPUSP, 2005.

ANEXO 1: Teste de Normalidade

Teste de Normalidade da Demanda (Anderson-Darling)

Estudo: Valores diários de saques realizados nos terceiros dias úteis, de janeiro de 2005 a julho de 2006, para a agência STN.



Histograma dos saques realizados no terceiro dia útil, de janeiro de 2005 a julho de 2006, para agência STN.

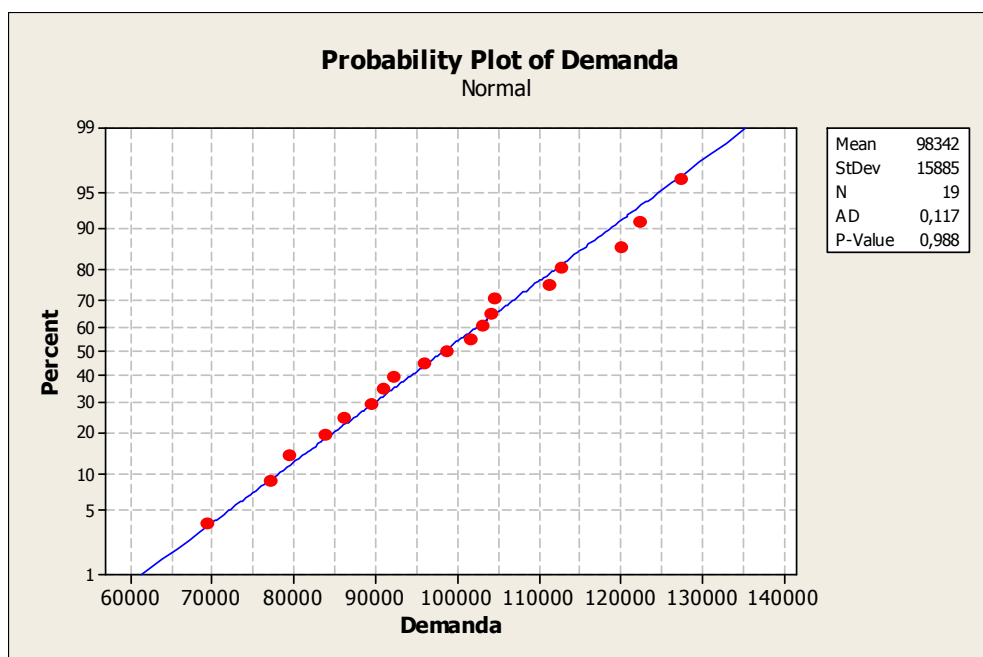
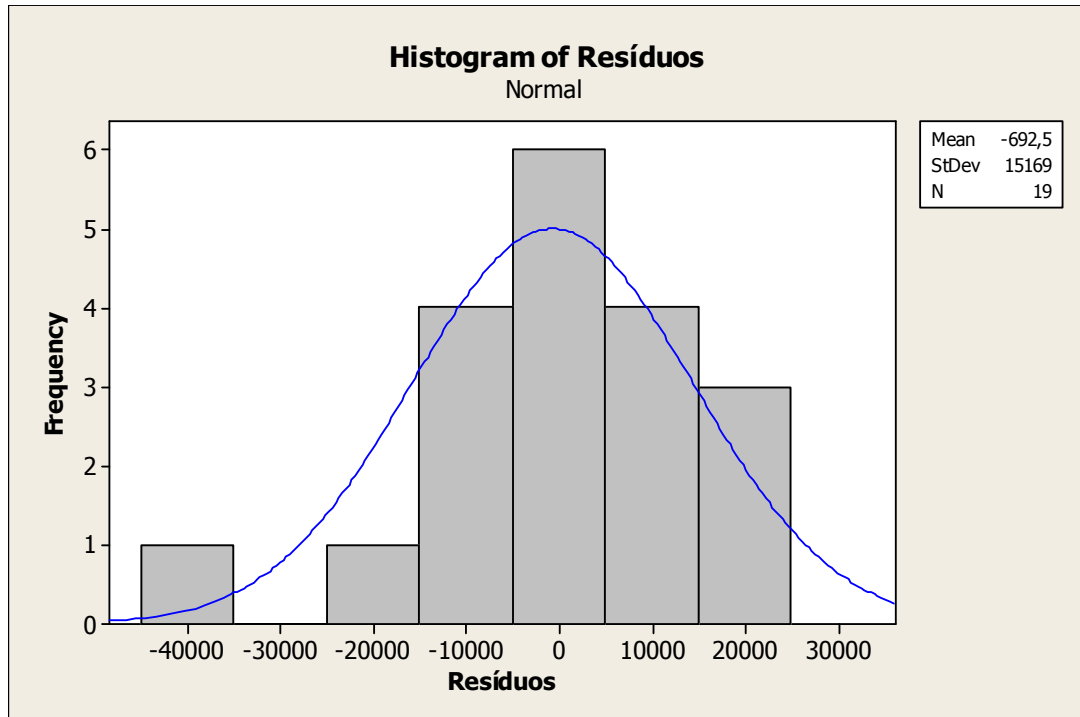


Gráfico de Probabilidade Normal – saques dos saques realizados no terceiro dia útil, de janeiro de 2005 a julho de 2006, para agência STN.

Teste de Normalidade dos Resíduos

Exemplo: Erros Absolutos do modelo Potência 1 aplicado a para a agência STN - terceiros dias úteis de janeiro de 2005 a julho de 2006.



Histograma dos erros absolutos do modelo Potência 1, aplicado a para a agência STN - terceiros dias úteis de janeiro de 2005 a julho de 2006.

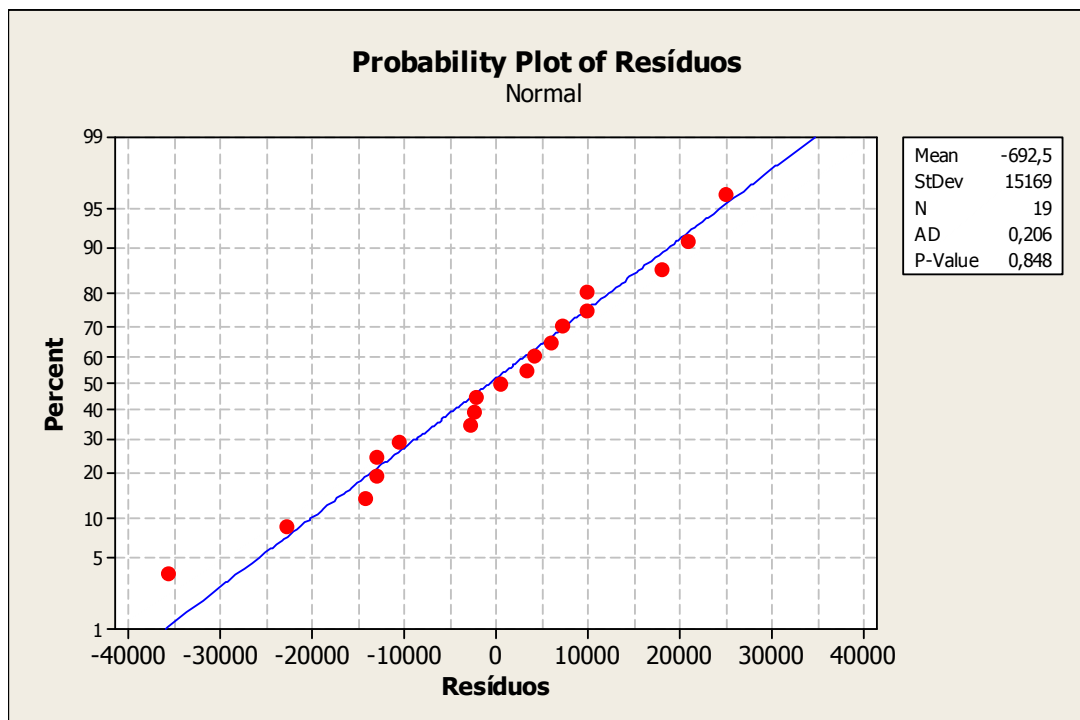


Gráfico de Probabilidade Normal dos erros absolutos do modelo Potência 1, aplicado a para a agência STN - terceiros dias úteis de janeiro de 2005 a julho de 2006.

ANEXO 2: Tabelas de Previsão

Resultado da previsão para agência STN – agosto de 2006

Data	Real	Previsto	Erro (%)
1/8/2006	103.149	93.613	-9,2%
2/8/2006	94.639	89.041	-5,9%
3/8/2006	104.866	101.923	-2,8%
4/8/2006	188.667	196.888	4,4%
5/8/2006	85.432	76.238	-10,8%
6/8/2006	22.677	16.832	-25,8%
7/8/2006	477.638	444.165	-7,0%
8/8/2006	281.271	237.037	-15,7%
9/8/2006	164.432	149.956	-8,8%
10/8/2006	151.398	114.556	-24,3%
11/8/2006	108.042	118.082	9,3%
12/8/2006	48.375	32.272	-33,3%
13/8/2006	18.678	16.858	-9,7%
14/8/2006	95.572	90.808	-5,0%
15/8/2006	114.808	105.506	-8,1%
16/8/2006	96.141	75.981	-21,0%
17/8/2006	70.622	76.455	8,3%
18/8/2006	74.080	91.380	23,4%
19/8/2006	34.234	32.322	-5,6%
20/8/2006	18.319	16.884	-7,8%
21/8/2006	96.968	62.570	-35,5%
22/8/2006	66.976	71.996	7,5%
23/8/2006	57.362	67.117	17,0%
24/8/2006	60.222	68.255	13,3%
25/8/2006	76.125	79.788	4,8%
26/8/2006	36.138	32.372	-10,4%
27/8/2006	11.592	16.910	45,9%
28/8/2006	66.777	50.589	-24,2%
29/8/2006	54.412	59.090	8,6%
30/8/2006	58.386	60.684	3,9%
31/8/2006	124.877	89.739	-28,1%

Resultado da previsão para agência PIN – agosto de 2006

Data	Real	Previsto	Erro (%)
1/8/2006	36.862	40.148	8,9%
2/8/2006	33.600	44.400	32,1%
3/8/2006	34.695	46.665	34,5%
4/8/2006	73.774	89.440	21,2%
5/8/2006	41.527	24.077	-42,0%
6/8/2006	15.264	3.464	-77,3%
7/8/2006	127.073	148.587	16,9%
8/8/2006	82.558	85.545	3,6%
9/8/2006	59.391	63.867	7,5%
10/8/2006	53.413	46.692	-12,6%
11/8/2006	44.427	53.364	20,1%
12/8/2006	18.410	10.849	-41,1%
13/8/2006	5.289	3.482	-34,2%
14/8/2006	37.616	41.110	9,3%
15/8/2006	46.637	44.230	-5,2%
16/8/2006	26.710	37.087	38,9%
17/8/2006	37.321	36.957	-1,0%
18/8/2006	33.793	46.586	37,9%
19/8/2006	14.579	10.908	-25,2%
20/8/2006	6.020	3.501	-41,8%
21/8/2006	52.613	33.849	-35,7%
22/8/2006	28.363	32.236	13,7%
23/8/2006	23.069	32.985	43,0%
24/8/2006	27.024	31.234	15,6%
25/8/2006	41.448	38.328	-7,5%
26/8/2006	11.791	10.967	-7,0%
27/8/2006	3.588	3.520	-1,9%
28/8/2006	21.962	24.537	11,7%
29/8/2006	19.572	25.900	32,3%
30/8/2006	27.549	28.761	4,4%
31/8/2006	50.319	37.614	-25,2%

Resultado da previsão para agência TAT – agosto de 2006

Data	Real	Previsto	Erro (%)
1/8/2006	39.237	39.580	0,9%
2/8/2006	36.496	37.592	3,0%
3/8/2006	29.919	43.870	46,6%
4/8/2006	105.434	99.194	-5,9%
5/8/2006	19.109	18.238	-4,6%
6/8/2006	7.106	3.761	-47,1%
7/8/2006	129.518	124.304	-4,0%
8/8/2006	80.167	66.253	-17,4%
9/8/2006	49.640	48.927	-1,4%
10/8/2006	37.784	35.733	-5,4%
11/8/2006	32.918	36.508	10,9%
12/8/2006	14.560	9.175	-37,0%
13/8/2006	4.513	3.792	-16,0%
14/8/2006	31.411	29.294	-6,7%
15/8/2006	33.500	33.522	0,1%
16/8/2006	28.272	26.119	-7,6%
17/8/2006	22.422	26.105	16,4%
18/8/2006	26.027	36.824	41,5%
19/8/2006	6.952	9.249	33,0%
20/8/2006	3.308	3.822	15,5%
21/8/2006	32.366	19.948	-38,4%
22/8/2006	20.852	24.414	17,1%
23/8/2006	20.946	23.684	13,1%
24/8/2006	20.910	23.379	11,8%
25/8/2006	30.543	25.465	-16,6%
26/8/2006	11.837	9.324	-21,2%
27/8/2006	2.642	3.853	45,8%
28/8/2006	17.626	14.756	-16,3%
29/8/2006	17.452	17.596	0,8%
30/8/2006	18.755	21.849	16,5%
31/8/2006	34.373	27.605	-19,7%

Resultado da previsão para agência MAR – agosto de 2006

Data	Real	Previsto	Erro (%)
1/8/2006	10.087	9.250	-8,3%
2/8/2006	11.811	10.777	-8,8%
3/8/2006	8.948	15.386	71,9%
4/8/2006	28.352	36.580	29,0%
5/8/2006	6.626	1.972	-70,2%
6/8/2006	1.132	762	-32,7%
7/8/2006	20.106	13.894	-30,9%
8/8/2006	15.449	12.748	-17,5%
9/8/2006	7.528	13.830	83,7%
10/8/2006	13.931	14.266	2,4%
11/8/2006	23.231	24.717	6,4%
12/8/2006	1.480	1.780	20,3%
13/8/2006	350	765	118,5%
14/8/2006	8.215	9.565	16,4%
15/8/2006	10.636	10.770	1,3%
16/8/2006	12.512	9.932	-20,6%
17/8/2006	10.524	11.663	10,8%
18/8/2006	22.698	22.160	-2,4%
19/8/2006	999	1.786	78,7%
20/8/2006	1.173	767	-34,6%
21/8/2006	8.088	10.316	27,5%
22/8/2006	8.464	12.439	47,0%
23/8/2006	7.798	16.438	110,8%
24/8/2006	11.056	19.384	75,3%
25/8/2006	46.050	37.247	-19,1%
26/8/2006	1.974	1.791	-9,3%
27/8/2006	805	769	-4,4%
28/8/2006	15.360	11.964	-22,1%
29/8/2006	14.205	13.901	-2,1%
30/8/2006	12.918	15.448	19,6%
31/8/2006	14.398	11.951	-17,0%

Resultado da previsão para agência UNI – agosto de 2006

Data	Real	Previsto	Erro (%)
1/8/2006	49.425	54.537	10,3%
2/8/2006	44.370	56.546	27,4%
3/8/2006	45.487	93.150	104,8%
4/8/2006	297.789	288.929	-3,0%
5/8/2006	40.961	26.563	-35,1%
6/8/2006	16.613	4.609	-72,3%
7/8/2006	268.508	255.874	-4,7%
8/8/2006	172.945	144.554	-16,4%
9/8/2006	116.845	127.960	9,5%
10/8/2006	113.608	99.792	-12,2%
11/8/2006	93.843	94.514	0,7%
12/8/2006	10.334	10.499	1,6%
13/8/2006	2.778	4.634	66,8%
14/8/2006	88.238	86.276	-2,2%
15/8/2006	79.117	75.454	-4,6%
16/8/2006	58.098	66.826	15,0%
17/8/2006	60.547	72.708	20,1%
18/8/2006	75.859	83.992	10,7%
19/8/2006	15.162	10.556	-30,4%
20/8/2006	2.756	4.659	69,1%
21/8/2006	70.726	61.530	-13,0%
22/8/2006	60.157	61.436	2,1%
23/8/2006	47.900	50.788	6,0%
24/8/2006	47.778	57.027	19,4%
25/8/2006	70.268	59.412	-15,4%
26/8/2006	7.628	10.613	39,1%
27/8/2006	4.600	4.684	1,8%
28/8/2006	54.394	50.937	-6,4%
29/8/2006	41.507	48.806	17,6%
30/8/2006	38.030	51.072	34,3%
31/8/2006	62.883	64.225	2,1%

Resultado da previsão para agência PAM – agosto de 2006

Data	Real	Previsto	Erro (%)
1/8/2006	24.477	25.489	4,1%
2/8/2006	22.227	25.012	12,5%
3/8/2006	23.774	28.530	20,0%
4/8/2006	44.972	54.232	20,6%
5/8/2006	20.086	13.578	-32,4%
6/8/2006	12.842	4.770	-62,9%
7/8/2006	75.036	74.671	-0,5%
8/8/2006	42.515	47.722	12,2%
9/8/2006	26.563	39.953	50,4%
10/8/2006	36.148	29.598	-18,1%
11/8/2006	26.732	32.525	21,7%
12/8/2006	8.119	7.735	-4,7%
13/8/2006	6.395	4.790	-25,1%
14/8/2006	26.957	25.755	-4,5%
15/8/2006	20.076	25.998	29,5%
16/8/2006	17.659	25.435	44,0%
17/8/2006	21.220	24.280	14,4%
18/8/2006	29.861	31.354	5,0%
19/8/2006	8.058	7.768	-3,6%
20/8/2006	7.820	4.811	-38,5%
21/8/2006	27.809	22.641	-18,6%
22/8/2006	20.274	21.182	4,5%
23/8/2006	16.561	21.485	29,7%
24/8/2006	14.797	21.127	42,8%
25/8/2006	20.244	26.655	31,7%
26/8/2006	9.717	7.801	-19,7%
27/8/2006	3.305	4.831	46,2%
28/8/2006	16.363	16.495	0,8%
29/8/2006	15.772	16.693	5,8%
30/8/2006	21.484	20.743	-3,5%
31/8/2006	22.367	22.151	-1,0%

Resultado da previsão para agência PAC– agosto de 2006

Data	Real	Previsto	Erro (%)
1/8/2006	5.672	7.637	34,7%
2/8/2006	9.131	9.795	7,3%
3/8/2006	7.664	11.535	50,5%
4/8/2006	14.519	18.890	30,1%
5/8/2006	10.278	5.957	-42,0%
6/8/2006	6.388	1.288	-79,8%
7/8/2006	29.055	30.093	3,6%
8/8/2006	19.745	17.635	-10,7%
9/8/2006	11.484	13.472	17,3%
10/8/2006	12.017	10.608	-11,7%
11/8/2006	12.462	11.978	-3,9%
12/8/2006	1.837	3.026	64,7%
13/8/2006	850	1.290	51,8%
14/8/2006	10.220	8.255	-19,2%
15/8/2006	11.126	8.781	-21,1%
16/8/2006	6.205	7.408	19,4%
17/8/2006	7.855	8.058	2,6%
18/8/2006	11.194	9.775	-12,7%
19/8/2006	3.112	3.032	-2,6%
20/8/2006	1.390	1.292	-7,0%
21/8/2006	9.544	6.948	-27,2%
22/8/2006	3.852	6.499	68,7%
23/8/2006	7.400	7.697	4,0%
24/8/2006	4.251	7.029	65,4%
25/8/2006	7.690	7.453	-3,1%
26/8/2006	-	3.037	-
27/8/2006	-	1.295	-
28/8/2006	3.088	6.328	104,9%
29/8/2006	3.515	5.975	70,0%
30/8/2006	8.886	7.420	-16,5%
31/8/2006	10.840	7.667	-29,3%

Resultado da previsão por ATM (de A a F) da agência STN - agosto de 2006

Data	ATM											
	A		B		C		D		E		F	
	Real	Previsto	Real	Previsto	Real	Previsto	Real	Previsto	Real	Previsto	Real	Previsto
01/08/2006	12.013	11.369	9.205	10.604	13.314	10.067	18.805	9.531	11.332	8.568	14.571	8.078
02/08/2006	7.549	10.813	9.806	10.086	11.328	9.576	10.273	9.065	15.535	8.150	10.658	7.683
03/08/2006	14.182	12.378	10.075	11.546	16.128	10.961	13.240	10.376	16.833	9.329		8.795
04/08/2006	22.706	23.911	17.946	22.303	24.500	21.174	20.286	20.045	24.114	18.021	12.034	16.989
05/08/2006	10.053	9.259	10.468	8.636	10.702	8.199	6.188	7.762	6.797	6.978	6.503	6.578
06/08/2006	3.826	2.044	3.915	1.907	3.717	1.810	441	1.714	1.818	1.541	1.877	1.452
07/08/2006	64.346	53.941	54.191	50.315	57.805	47.766	21.775	45.219	44.443	40.654	46.346	38.327
08/08/2006	23.690	28.786	32.639	26.851	36.427	25.491	22.925	24.132	29.001	21.696	28.933	20.454
09/08/2006	23.473	18.211	16.429	16.987	20.108	16.126	13.208	15.267	15.011	13.725	18.165	12.939
10/08/2006	13.328	13.912	12.988	12.977	18.922	12.319	15.618	11.663	19.137	10.485	17.152	9.885
11/08/2006	12.606	14.340	10.520	13.376	14.366	12.699	12.847	12.022	10.401	10.808	10.127	10.189
12/08/2006	4.340	3.919	7.754	3.656	6.935	3.471	4.628	3.286	2.725	2.954	5.937	2.785
13/08/2006	672	2.047	2.753	1.910	4.121	1.813	800	1.716	1.960	1.543	912	1.455
14/08/2006	12.370	11.028	8.136	10.287	11.723	9.766	8.987	9.245	7.347	8.312	9.678	7.836
15/08/2006	12.813	12.813	12.067	11.952	13.201	11.346	11.055	10.741	7.058	9.657	12.926	9.104
16/08/2006	13.677	9.227	12.598	8.607	7.163	8.171	10.447	7.735	8.652	6.955	9.468	6.556
17/08/2006	9.403	9.285	6.074	8.661	11.168	8.222	8.465	7.784	7.389	6.998	5.807	6.597
18/08/2006	9.167	11.097	9.358	10.351	11.418	9.827	1.825	9.303	9.494	8.364	6.095	7.885
19/08/2006	4.377	3.925	5.956	3.661	6.988	3.476	1.325	3.291	2.848	2.958	2.240	2.789
20/08/2006	1.169	2.050	2.360	1.913	3.141	1.816	400	1.719	1.927	1.545	2.800	1.457
21/08/2006	12.112	7.599	8.919	7.088	14.936	6.729	6.301	6.370	9.572	5.727	11.643	5.399
22/08/2006	6.211	8.743	8.883	8.156	8.097	7.743	4.951	7.330	7.080	6.590	6.800	6.212
23/08/2006	7.752	8.151	7.484	7.603	3.363	7.218	3.893	6.833	6.725	6.143	5.762	5.791
24/08/2006	4.578	8.289	6.435	7.732	9.334	7.340	5.194	6.949	6.009	6.247	4.790	5.890
25/08/2006	10.299	9.690	12.094	9.038	12.038	8.581	6.708	8.123	6.931	7.303	6.872	6.885
26/08/2006	3.390	3.931	5.169	3.667	3.828	3.481	3.809	3.296	3.446	2.963	3.619	2.793
27/08/2006	665	2.054	1.561	1.916	1.515	1.819	561	1.722	2.800	1.548	830	1.459

Resultado da previsão por ATM (de G a K) da agência STN - agosto de 2006

Data	ATM									
	G		H		I		J		K	
	Real	Previsto	Real	Previsto	Real	Previsto	Real	Previsto	Real	Previsto
01/08/2006	8.776	8.028		7.854	6.815	7.607	4.390	6.859	3.928	5.048
02/08/2006	12.928	7.636		7.471	10.966	7.236	3.088	6.524	2.508	4.801
03/08/2006	12.530	8.740		8.551	11.276	8.282	7.198	7.468	3.404	5.496
04/08/2006	23.156	16.884	11.621	16.519	14.118	15.999	9.218	14.426	8.968	10.617
05/08/2006	6.513	6.538	7.526	6.396	7.887	6.195	8.693	5.586	4.102	4.111
06/08/2006	1.539	1.443	463	1.412	1.917	1.368	2.296	1.233	868	908
07/08/2006	37.858	38.089	55.297	37.266	37.619	36.094	36.688	32.544	21.270	23.951
08/08/2006	21.688	20.327	25.043	19.888	28.985	19.262	17.442	17.368	14.498	12.782
09/08/2006	14.606	12.859	14.942	12.581	10.798	12.186	8.420	10.987	9.272	8.086
10/08/2006	9.328	9.824	12.233	9.611	13.608	9.309	9.870	8.394	9.214	6.177
11/08/2006	9.630	10.126	7.193	9.907	8.450	9.596	8.362	8.652	3.540	6.367
12/08/2006	1.826	2.767	3.560	2.708	4.058	2.622	5.164	2.365	1.448	1.740
13/08/2006	1.940	1.446	1.030	1.414	1.552	1.370	1.798	1.235	1.140	909
14/08/2006	8.386	7.787	8.120	7.619	9.095	7.379	7.910	6.654	3.820	4.897
15/08/2006	12.130	9.048	7.573	8.852	10.393	8.574	7.558	7.730	8.034	5.689
16/08/2006	8.936	6.516	7.899	6.375	7.927	6.174	5.938	5.567	3.436	4.097
17/08/2006	4.824	6.556	2.754	6.415	5.488	6.213	4.250	5.602	5.000	4.123
18/08/2006	6.768	7.836	4.539	7.667	9.266	7.426	3.070	6.695	3.080	4.928
19/08/2006	3.004	2.772	2.019	2.712	2.061	2.627	2.040	2.368	1.376	1.743
20/08/2006	976	1.448	1.659	1.417	1.809	1.372	1.250	1.237	828	910
21/08/2006	6.958	5.366	7.484	5.250	10.763	5.085	2.412	4.585	5.868	3.374
22/08/2006	7.948	6.174	7.741	6.041	3.343	5.851	2.738	5.275	3.184	3.882
23/08/2006	6.386	5.756	2.514	5.631	4.617	5.454	4.890	4.918	3.976	3.619
24/08/2006	7.316	5.853	7.054	5.727	3.896	5.547	2.692	5.001	2.924	3.681
25/08/2006	5.060	6.842	4.070	6.694	6.011	6.484	3.004	5.846	3.038	4.302
26/08/2006	2.758	2.776	1.069	2.716	4.888	2.631	2.690	2.372	1.472	1.746
27/08/2006	580	1.450	240	1.419	1.570	1.374	1.020	1.239	250	912