



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNA  
DIRETORIA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA, PESQUISA E EXTENSÃO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO**

**VICTOR LOVATO**

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE *CREDIT SCORING* PARA A  
CONCESSÃO DE CRÉDITO RURAL**

**Belo Horizonte  
2015**

VICTOR LOVATO

**DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO DE *CREDIT SCORING* PARA A  
CONCESSÃO DE CRÉDITO RURAL**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado Profissional em Administração do Centro Universitário UNA, como requisito parcial para a qualificação e obtenção do título de Mestre em Administração.

Linha de pesquisa: Inovação, Redes Empresariais e Competitividade

Área de concentração: Inovação e Dinâmica Organizacional

Orientador: Prof. Dr. Pueri do Carmo Mário

**Belo Horizonte  
2015**

*Para minha esposa, Mariana, e meus pais, João  
Antônio e Maria José.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, por ter me dado força, coragem e serenidade para enfrentar todas as dificuldades deste Mestrado.

Agradeço à minha esposa, à minha família e aos meus amigos, pelas inúmeras horas de convívio cedidas para a realização deste projeto.

Agradeço ao Prof. Poueri, pela confiança, dedicação e disponibilidade.

Agradeço aos professores que compuseram a banca de avaliação, pelo interesse em participar deste humilde trabalho.

“Mude suas opiniões, mantenha seus princípios. Troque suas folhas, mantenha suas raízes”.

(Victor Hugo)

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi desenvolver um novo modelo para a avaliação de risco de clientes de uma instituição financeira, que desejam contratar operações de crédito rural destinadas às pessoas físicas. O modelo proposto busca acrescentar variáveis específicas do agronegócio, não utilizadas anteriormente pela empresa, uma vez que o modelo atual considera as mesmas variáveis para todos os segmentos. Para o desenvolvimento do trabalho, considerando as etapas de elaboração de um modelo *Credit Scoring*, utilizou-se o modelo de Regressão Logística, para uma amostra de 702 contratos, entre contratos liquidados no prazo contratado e contratos em atraso, até fevereiro de 2015. Para avaliar a qualidade de ajuste do modelo foi utilizado o teste de Hosmer e Lemeshow, que apresentou resultado satisfatório. Das 23 variáveis independentes consideradas e testadas no modelo, foram selecionadas 7 além da constante, pelo método *forward stepwise*: a) idade; b) sexo; c) grau de instrução; d) ocupação principal; e) ocupação não comprovada; f) linha de crédito; e g) prazo do contrato. Para validar os resultados foi utilizada a Curva ROC, que apontou a área sob a curva no valor de 0,76, demonstrando um aceitável poder de discriminação. No final, o modelo encontrado apresentou um acerto geral de aproximadamente 70% na etapa de validação, o que sugere que o modelo final possui uma aceitável assertividade. Diante dos resultados apresentados, acredita-se que este estudo contribuiu para a discussão sobre risco de crédito, voltado para o segmento de crédito rural para pessoas físicas.

**Palavras-chave:** Risco de Crédito, *Credit Scoring*, Regressão Logística, Crédito Rural.

## **ABSTRACT**

*The objective of this study was to develop a new model for risk assessment of customers of a financial institution wishing to contract rural credit transactions for individuals. The model want add specific variables agribusiness, not previously used by the company, seeing the current model considers the same variables for all segments. For the development of the work, considering the steps of preparing a Credit Scoring model, was used the logistic regression model to a sample of 702 contracts, contracts settled between the contracted term and overdue contracts until February 2015. To assess the quality of model fit was used the Hosmer and Lemeshow test, which showed satisfactory results. Of the 23 independent variables considered and tested in the model were selected 7 and the constant, the forward stepwise method: a) age; b) sex; c) level of education; d) main occupation; e) occupation unproven; f) line of credit; and g) the contract term. To validate the results it used the ROC curve, which showed the area under the curve to the value of 0.76, demonstrating an acceptable power of discrimination. At the end, the model presented found a general arrangement of about 70% in validation step, which suggests that an acceptable final model assertiveness. On the results presented, it is believed that this study contributed to the discussion on credit risk, directed the rural credit segment for individuals.*

**Keywords:** *Credit Risk, Credit Scoring, Logistic Regression, Rural Credit*

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Principais Marcos Institucionais do Sistema de Crédito Agrícola no Brasil .....	24
FIGURA 2 - Estrutura do Modelo de Calibração .....	63
FIGURA 3 - Estrutura do Modelo de Validação.....	63
FIGURA 4 - Variáveis Significativas para o Modelo de Calibração .....	83
FIGURA 5 – Layout da Aba Classificação.....	94



## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - Evolução Histórica das Exportações Brasileiras, no Período Compreendido entre 2002 e 2013.....	17
GRÁFICO 2 - Principais Destinos do Agronegócio em 2013.....	19
GRÁFICO 3 - Gráfico da Curva ROC.....	61
GRÁFICO 4 - Faixa Etária dos Clientes.....	67
GRÁFICO 5 - Estado Civil do Cliente.....	68
GRÁFICO 6 - Grau de Instrução dos Clientes.....	69
GRÁFICO 7 - Ocupação Principal dos Clientes.....	69
GRÁFICO 8 - Ocupação não Comprovada.....	70
GRÁFICO 9 - Prazo do Contrato.....	72
GRÁFICO 10 - Linha de Crédito.....	73
GRÁFICO 11 - Atividade.....	74
GRÁFICO 12 - Evolução Histórica da Produção.....	75
GRÁFICO 13 - Produto.....	75
GRÁFICO 14 - Projeção da Produção.....	76
GRÁFICO 15 - Projeção da Exportação.....	76
GRÁFICO 16 - Variação Histórica do VBP.....	77
GRÁFICO 17 - Gráfico da Curva ROC do modelo.....	89

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Principais Riscos da Atividade Bancária e suas definições, segundo o BACEN.....	31
QUADRO 2 - Dimensões de Classificação dos Modelos de Mensuração de Risco de Crédito, segundo Caouette, Altman e Narayanan.....	35
QUADRO 3 - Variáveis Sóciodemográficas .....	49
QUADRO 4 - Variáveis Específicas .....	51
QUADRO 5 - Relacionamento Esperado entre Variáveis Independentes e a Variável Dependente.....	57

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Produção e Exportação Brasileira do Agronegócio – Ranking Mundial em 2012 .....	18
TABELA 2 - Participação das Fontes de Recursos no Financiamento da Agricultura .....	26
TABELA 3 - Descrição de Pontos de Cortes Propostos por Hosmer e Lemeshow ...	62
TABELA 4 - Estatísticas Descritivas Das Variáveis Contínuas Sociodemográficas ..	65
TABELA 5 - Descrição da Variável Renda Bruta, por Faixa e por Grupo.....	66
TABELA 6 - Gênero dos Clientes.....	67
TABELA 7 - Estatísticas Descritivas das Variáveis Contínuas Específicas.....	70
TABELA 8 - Descrição da Variável Prazo do Contrato.....	71
TABELA 9 - Resumo Descritivo das Variáveis Categóricas Sociodemográficas.....	78
TABELA 10 - Resumo Descritivo das Variáveis Categóricas Específicas.....	79
TABELA 11 - Resumo Descritivo das Variáveis Contínuas.....	79
TABELA 12 - Teste de Normalidade .....	81
TABELA 13 - Faixa de Referência Variáveis Categóricas .....	83
TABELA 14 - Modelo de Regressão Logística e Estatísticas .....	84
TABELA 15 - Relacionamento entre Variáveis Independentes e Dependente.....	86
TABELA 16 - Teste de Hosmer e Lemeshow.....	88
TABELA 17 – Detalhamento da Tabela Contingência-Teste Hosmer e Lemeshow..	88
TABELA 18 - Resultados da Curva ROC .....	89
TABELA 19 - Classificação do Modelo de Regressão Logística Proposto.....	90
TABELA 20 - Resultados Da Curva ROC - VALIDAÇÃO.....	90
TABELA 21 - Classificação do Modelo de Regressão Logística para a Amostra Teste .....	91

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAGRP	– Associação Brasileira de Agronegócio da Região de Ribeirão Preto
ANEFAC	– Associação Nacional dos Executivos de Finanças, Administração e Contabilidade
BACEN	– Banco Central do Brasil
BIS	– <i>Bank for International Settlements</i>
BNDES	– Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CEPEA	– Centro De Estudos Avançados Em Economia Aplicada
CMN	– Conselho Monetário Nacional
CNA	– Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
EUA	– Estados Unidos da América
FAO	– <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
FGV	– Fundação Getúlio Vargas
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	– Instituto Nacional de Meteorologia
MAPA	– Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MCR	– Manual de Crédito Rural
OCDE	– Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico
OGU	– Orçamento Geral da União
PF	– Pessoa Física
PIB	– Produto Interno Bruto
SEEA	– Sociedade Espiritossantense de Engenheiros Agrônomos
SNCR	– Sistema Nacional de Crédito Rural

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>5</b>
1.1 Problema de Pesquisa .....	7
1.2 Objetivos .....	9
1.2.1 Objetivo Geral .....	9
1.2.2 Objetivos Específicos .....	9
1.3 Justificativa do Trabalho .....	10
1.4 Organização do Estudo .....	12
<b>2 Revisão de Literatura</b> .....	<b>13</b>
2.1 Agronegócio .....	13
2.2 Agronegócio no Brasil .....	16
2.3 Crédito .....	20
2.3.1 Crédito Rural no Brasil .....	22
2.3.2 Risco de Crédito .....	29
2.3.3 Métodos Estatísticos que Estimam o Risco de Crédito (Modelos de Credit Scoring) .....	36
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>43</b>
3.1 Tipo de Pesquisa .....	43
3.2 Instrumento para Coleta de Dados – Base de Dados .....	44
3.3 Objetivo e Finalidade do Modelo de Credit Scoring .....	45
3.4 Planejamento e Definições do Modelo de Credit Scoring .....	45
3.4.1 Preparação da base e variáveis utilizadas no modelo .....	47
3.4.2 Análise descritiva .....	53
3.4.3 Definição da técnica para elaboração do modelo .....	55
3.4.4 Desenvolvimento do modelo para avaliação do risco .....	57
3.4.5 Avaliação do melhor modelo .....	62
3.5 Produto Técnico .....	64
3.6 Limitações da Pesquisa .....	64
<b>4 ANÁLISE DOS DADOS</b> .....	<b>65</b>
4.1 Análise Descritiva dos Dados .....	65

<b>4.2 Desenvolvimento do Modelo de Avaliação de Risco – Calibração</b> .....	<b>80</b>
<b>4.2.1 Normalidade e multicolinearidade</b> .....	<b>80</b>
<b>4.2.2 Definição das variáveis e teste de significância</b> .....	<b>81</b>
<b>4.2.3 Qualidade do ajuste do modelo</b> .....	<b>88</b>
<b>4.2.4 Qualidade preditiva do modelo</b> .....	<b>89</b>
<b>4.3 Validação do Modelo de Risco de Crédito</b> .....	<b>90</b>
<b>5 PRODUTO TÉCNICO</b> .....	<b>92</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>95</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>99</b>
<b>APÊNDICE A – TABELA DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN</b> .....	<b>106</b>
<b>APÊNDICA B –ESCORES DAS VARIÁVEIS SELECIONADAS</b> .....	<b>107</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Estudos da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) e da Agência das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), para o período 2014/2023, alertam para a manutenção dos preços das *commodities* agrícolas em um patamar elevado para a próxima década, como resultado de uma demanda crescente, com intensidade maior do que a modesta elevação na produção mundial. Assim, o estudo indica que o aumento da produtividade nos países em desenvolvimento será fundamental para garantir uma oferta adequada de produtos agrícolas no período projetado (OCDE-FAO, 2014).

Essas perspectivas significam, ao mesmo tempo, uma oportunidade e um desafio ao agronegócio brasileiro. Para manter o ritmo de expansão da produção e das exportações agropecuárias, consolidando a posição de liderança do Brasil no mercado agrícola mundial, faz-se necessário intensificar os esforços conjuntos dos produtores rurais e do governo, por meio de políticas públicas que assegurem níveis adequados de auxílio e contribuam para a melhoria das condições de logística e infraestrutura, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2013).

No Brasil, historicamente, a autoridade monetária foi ativa no desenvolvimento de medidas e regulamentos – convencionais e inovadores – nos mercados financeiros, na busca de recursos para o financiamento do agronegócio. Tetos e quotas, mecanismos de desconto e redesconto, exigências na aplicação de reservas bancárias e taxas de juros preferenciais foram extensivamente utilizados com o intuito de convencer os bancos a ofertar serviços de crédito e financiamento aos agricultores. Essa política intervencionista visava a modernização e a formação de capital na agricultura, juntamente à maior eficiência do sistema bancário, por meio da aplicação compulsória de serviços financeiros ao setor rural, principalmente nas áreas mais carentes (ARAÚJO, 2011).

Em 1965, por meio da lei 4.289, as políticas de crédito agrícola foram consolidadas no Brasil, com a criação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), que tinha

como principais objetivos o financiamento de parte dos custos de produção agrícola, estimular a formação de capital, acelerar a adoção de novas tecnologias e fortalecer a posição econômica dos produtores, especialmente os pequenos e médios (SPOLADOR, 2001).

Considera-se crédito rural o suprimento de recursos financeiros, por instituições de Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), para aplicação exclusiva nas finalidades e condições estabelecidas no Manual de Crédito Rural, regulado pelo Banco Central do Brasil (BACEN), cujos objetivos se estenderam, desde a criação do SNCR, visando, agora:

- 1- estimular os investimentos rurais para produção, extrativismo não predatório, armazenamento, beneficiamento e industrialização dos produtos agropecuários, quando efetuado pelo produtor na sua propriedade rural, por suas cooperativas ou por pessoa física ou jurídica equiparada aos produtores;
- 2- favorecer o oportuno e adequado custeio da produção e a comercialização de produtos agropecuários;
- 3- fortalecer o setor rural;
- 4- incentivar a introdução de métodos racionais no sistema de produção, visando ao aumento da produtividade, à melhoria do padrão de vida das populações rurais e à adequada defesa do solo;
- 5- propiciar, através de crédito fundiário, a aquisição e regularização de terras pelos pequenos produtores, posseiros e arrendatários e trabalhadores rurais;
- 6- desenvolver atividades florestais e pesqueiras;
- 7- quando destinado a agricultor familiar ou empreendedor familiar rural, nos termos da Lei nº 11.326, de 24/7/2006, estimular a geração de renda e o melhor uso da mão-de-obra familiar, por meio do financiamento de atividades e serviços rurais agropecuários e não agropecuários, desde que desenvolvidos em estabelecimento rural ou áreas comunitárias próximas, inclusive o turismo rural, a produção de artesanato e assemelhados (BACEN, 2014, p 11).

Entre as instituições autorizadas a operar no SNCR estão bancos privados, públicos, cooperativas e sociedades de crédito, financiamento e investimento (BACEN, 2014).

Ainda que obedecendo a critérios específicos definidos pelo BACEN para atuar no segmento de crédito rural, essas Instituições mantêm seu papel de intermediação financeira, que, segundo Mário (2002), pode ser entendido como:

Como intermediação financeira entende-se a maneira de se conciliar os interesses dos agentes poupadores (agentes superavitários), que buscam maior remuneração e/ou segurança para seu capital, e os dos agentes tomadores de recursos (agentes deficitários), que procuram menor custo de captação, procurando disponibilizar esses recursos de maneira eficiente (MÁRIO, 2002, p 3).



Na busca dessa eficiência na disponibilização dos recursos, o agente intermediador deverá assumir a responsabilidade pela adequação de prazos e diversificação de risco da operação proposta, devendo avaliar a capacidade de pagamento do tomador, a fim de avaliar seu crédito (MÁRIO, 2002).

Entre as definições para Crédito, encontradas na literatura, destaca-se aquela apresentada por Silva (2013, p. 45): “em um banco, que tem a intermediação financeira como sua principal atividade, o crédito consiste em colocar à disposição do cliente (tomador de recursos) certo valor sob forma de empréstimo ou financiamento, mediante uma promessa de pagamento numa data futura”.

Em razão de suas peculiaridades, o setor agropecuário está sujeito a maiores riscos, quando comparado a outras atividades econômicas, sendo que estes riscos influenciam no atendimento às necessidades dos produtores no que tange aos recursos para financiamento da produção e do investimento. Com o intuito de reduzir as potenciais perdas, mecanismos de gerenciamento e avaliação são desenvolvidos e sua adoção, por parte dos agentes financeiros, é uma maneira de buscar mais segurança nas transações envolvendo crédito rural, assim como ofertar mais recursos aos produtores, proporcionando, portanto, o aumento do crédito para o setor agropecuário, e por consequência, favorecendo o crescimento e o desenvolvimento do agronegócio no Brasil (MARTINS, 2009).

### **1.1 Problema de Pesquisa**

Pela natureza dos serviços de intermediação financeira prestados, as instituições financeiras bancárias estão sujeitas a riscos inerentes à atividade, como o risco de crédito, o risco de mercado, o risco operacional (BIS, 2014) entre outros<sup>1</sup>, agravados pelos riscos característicos do setor agropecuário, como fatores climáticos, excesso de safra e políticas governamentais (STUCHI, 2003), quando da contratação de operações no segmento de crédito rural.

---

<sup>1</sup> No Capítulo 3 são apresentados os demais tipos de riscos reconhecidos pelo BACEN (2014).

Para Caouette, Altman e Narayanan (1999, p 1) “o risco de crédito é a mais antiga forma de risco nos mercados financeiros. Se podemos definir crédito como ‘a expectativa de uma quantia em dinheiro, dentro de um espaço de tempo limitado’, então o risco de crédito é a chance de que esta expectativa não se cumpra”.

Nesta linha, Santos e Famá (2007), a fim de minimizar esse risco, destacam a importância da gestão do risco de crédito, baseada em procedimentos subjetivos (análise caso a caso) e objetivos (análise estatística), como ferramenta para a correta seleção, análise, precificação e monitoração do risco de inadimplência, quando da ocorrência de fatores sistêmicos adversos.

A necessidade de controle e gerenciamento do risco de forma eficaz e a baixo custo fez com que as instituições financeiras desenvolvessem e aperfeiçoassem instrumentos para esse fim. Entre as técnicas utilizadas estão os *Credit Scoring*, que são modelos estatísticos usados como ferramenta na previsão da inadimplência de pessoas físicas e insolvência das jurídicas (MAGALHÃES; BARROS; MÁRIO, 2010).

Os modelos quantitativos já têm uso consolidado na análise de crédito de instituições financeiras tradicionais, conforme citado por Magalhães, Barros e Mário (2010), entretanto, muitas vezes de forma genérica, não levando em consideração as peculiaridades de cada segmento avaliado. Portanto, esta pesquisa assumiu a premissa de que há variáveis específicas para o segmento de crédito rural, que podem ser consideradas no modelo de *Credit Scoring* a fim de se obter maior acurácia na análise de risco de crédito para a concessão de crédito rural para pessoas físicas, por uma instituição financeira de abrangência nacional.

Entre as operações de crédito do segmento de Crédito Rural para Pessoas Físicas – PF, algumas possuem como forma de pagamento a amortização única, com período de carência elevado, superior a um ano, o que eleva o risco de crédito da operação, e reforça a necessidade de um modelo de *Credit Scoring* com maior acurácia.

O objeto deste trabalho será o modelo de avaliação de tomadores de operações de crédito do segmento Crédito Rural, destinado às Pessoas Físicas, avaliados por uma Instituição Financeira de grande porte, com atuação nacional.

Consequentemente, surgiu como problema desta pesquisa a seguinte questão: quais variáveis, dentre as selecionadas, podem ser usadas em um modelo de *Credit Scoring* com a finalidade de avaliação do risco de crédito no segmento de crédito rural?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral é identificar e analisar variáveis que podem orientar a construção de um modelo de *Credit Scoring* para a avaliação do risco de crédito para o segmento de crédito rural, para pessoas físicas, por uma instituição financeira de abrangência nacional.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Como objetivos específicos têm-se:

- Identificar e selecionar as possíveis variáveis a serem utilizadas no modelo, a partir de levantamentos em bibliografia e estudos prévios;
- Apresentar e analisar variáveis relacionadas ao agronegócio;
- Propor um modelo de *Credit Scoring* a partir das variáveis selecionadas e apresentadas;
- Verificar a consistência e acurácia do modelo proposto;
- Elaborar, como produto técnico, uma prototipação no software Microsoft Excel®, como procedimento inicial para o possível desenvolvimento de um sistema da empresa.

### **1.3 Justificativa do Trabalho**

De acordo com Lima (2011), a realização de trabalhos como este se justifica pela importância do crédito no contexto econômico e financeiro do País, constituindo uma importante ferramenta impulsionadora da produção, do nível de emprego e consumo.

Segundo Resende (2014), o setor creditício exerce um papel importante no crescimento econômico de um país. Quando este setor aumenta a disponibilidade de crédito, ele estimula o consumo. Por exemplo, a aquisição de moradia ou a compra de bens duráveis pelos consumidores faz com que o setor produtivo aumente sua produção a fim de atender à demanda. Por outro lado, uma desaceleração do nível de crédito também pode sugerir cenário de mudanças econômicas como aumento das taxas de juros.

Ainda de acordo com a autora, sob o aspecto econômico, é possível verificar que a elevação no volume de crédito no mercado impacta diretamente no comportamento do Produto Interno Bruto (PIB), que representa o somatório de todos os bens e serviços produzidos no país. Entre 2004 e 2014, no mercado brasileiro, percebeu-se um forte crescimento nas operações de crédito. Conforme o relatório da Associação Nacional dos Executivos de Finanças, Administração e Contabilidade (ANEFAC), no período entre junho/2004 e junho/2014, o volume de crédito concedido pelo conjunto total do sistema financeiro aumentou 539,7%.

A ANEFAC detalha que o aumento da demanda de crédito foi maior entre os consumidores pessoas físicas, atingindo R\$758,47 bilhões, em junho/2014, contra aproximadamente R\$100 bilhões em junho/2004, o que representou um aumento de 658,5% no período. Na comparação entre 2013 e 2014 a alta foi de 5,3%. Apesar desse cenário, a partir de 2012, foram percebidas mudanças no comportamento da população, já que esta demanda, segundo a Serasa (2015), indicava uma tendência de queda para 2015, em razão da alta da inflação, dos esforços do consumidor em reduzir seus níveis de endividamento e de inadimplência, a escalada das taxas de juros e do custo do crédito.

A expansão do crédito instiga questionamentos importantes quanto aos impactos para a economia do País, como a inflação e o endividamento da população. O entendimento das origens das diversas crises financeiras tem sido prioridade para pesquisadores e estudiosos de políticas econômicas (KRUGMAN, 2009; PRATES; FARHI, 2009; PRATES; CUNHA, 2009). A elevação excessiva do volume de crédito pode ser considerada fator que contribui nesse contexto (LANE; McQUADE, 2014).

Com o intuito de controlar a expansão do crédito e manter a inflação dentro da meta, o BACEN tem utilizado como prerrogativa o aumento da taxa básica de juros, ou SELIC, que saltou de 9,9% a.a., em 02/01/2014, para 13,75% a.a., em 03/06/2015, diminuindo assim o consumo de bens e serviços. Para os clientes pessoas físicas, o aumento da SELIC leva, geralmente, ao aumento das taxas de juros cobradas pelas instituições financeiras.

Entretanto, o estímulo ao consumo e a facilidade ao crédito apresentou às famílias brasileiras uma nova realidade: o endividamento. Esse fenômeno no setor de crédito brasileiro pode ter sido causado, em geral, por uma decisão do cliente de uma instituição financeira que realiza uma operação de crédito levando em consideração apenas o valor da parcela e sua representação no orçamento familiar, deixando de considerar a taxa de juros cobrada e o prazo da operação (RESENDE, 2014).

Resende (2014) indica que, para controlar a possível inadimplência em sua carteira de crédito, as Instituições Financeiras procuram opções para minimizar os riscos das operações dos seus clientes, por meio do alongamento do prazo das operações de crédito ou da renegociação dos contratos já existentes a fim de reduzir o valor da parcela e, para novas liberações, exigindo a apresentação de garantias reais ou avalistas com capacidade de pagamento.

A escolha pelo segmento do crédito rural ocorre em razão de sua relevância no cenário econômico nacional, uma vez que agronegócio brasileiro respondeu por cerca de 23% do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro, que em 2013 foi de R\$4,84 trilhões, apurado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014).

As exportações do setor alcançaram US\$96,52 bilhões, o que representou 43% do total das exportações brasileiras em 2014, segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2015).

De acordo com o BACEN (2015), o volume de crédito rural no sistema financeiro do Brasil chegou a R\$215,08 bilhões em 2014, contando operações de pessoas físicas e empresas. Comparativamente com 2013, o volume representou um aumento de 17,9%. Do total contratado, as pessoas físicas responderam por R\$142,29 bilhões, com elevação de 23,4% no volume contratado, em relação a 2013.

Os dados do BACEN apontam para a redução nos níveis de inadimplência do crédito rural para pessoas físicas, que passou de 1,2%, em 2013, para 0,7%, em 2014.

Segundo Caouette, Altman e Narayanan (1999, p 117) “... os modelos de risco de crédito estão mais para esforços pioneiros na busca das melhores soluções do que para o final da busca. [...]. Neste sentido, todos os nossos modelos são pontes para o futuro”.

#### **1.4 Organização do Estudo**

Essa dissertação está estruturada em seis capítulos. Após este capítulo introdutório, o Capítulo 2 traz uma revisão da literatura sobre o agronegócio, e será apresentada a fundamentação teórica, contendo os conceitos de crédito, risco de crédito e modelos de *Credit Scoring*. O Capítulo 3 descreve a metodologia utilizada, enquanto o Capítulo 4 permite uma visão detalhada da técnica e a forma como ela foi adotada, e abordará, também, os resultados obtidos. O Capítulo 5 apresenta o produto técnico desenvolvido. Por fim, no Capítulo 6, as recomendações finais.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Esta revisão trará a síntese da literatura sobre o agronegócio, bem como será apresentada a fundamentação teórica, contendo os conceitos de crédito, risco de crédito e modelos de *Credit Scoring*.

### 2.1 Agronegócio

De acordo com a Associação Brasileira de Agronegócio da Região de Ribeirão Preto (ABAGRP), o termo “*agrobusiness*” surgiu na Universidade de Harvard, EUA, em 1957. Os pesquisadores John Davis e Ray Golberg atribuíram ao “*business*” o sentido de “ocupação” e não de “negócio”, propriamente dito. Na tradução para o português a palavra foi traduzida de muitas maneiras, no entanto, o termo mais utilizado acabou sendo agronegócio (ABAGRP, 2014).

A Sociedade Espiritossantense de Engenheiros Agrônomos (SEEA) complementa, ao escrever que, para John Davis, o “*agrobusiness*” era a soma de todas as operações envolvidas, englobando a produção dentro da fazenda, o armazenamento, processamento e distribuição de produtos agrícolas e dos itens produzidos a partir deles (SEEA, 2014).

Sob um outro prisma, com uma visão mais crítica, Matos (2013), associa a utilização do termo agronegócio para designar grandes propriedades modernas que se dedicam à monocultura com o emprego de tecnologia avançada e reduzida mão-de-obra. Para a autora, na maior parte dos casos, a produção é destinada ao mercado externo ou às agroindústrias, com a finalidade principal de auferir lucros.

De acordo com Martins (2009), o agronegócio, ou o complexo agroindustrial, representa um somatório abrangente de atividades que se iniciam antes mesmo da porteira da fazenda e se estende até o consumidor final. Segundo a autora, este complexo é representado pelos seguintes elementos: fornecimento de insumos e bens

de produção; produção agropecuária; processamento e transformação; distribuição; consumo; e serviços de apoio.

A cadeia agroindustrial pode ser entendida como um recorte dentro do complexo agroindustrial, visto que corresponde à sequência de atividades e insumos específicos para obtenção de um determinado produto agropecuário, com vista à sua produção e distribuição (MARQUES; MELLO, 1999).

Marques (2000) ressalta que a cadeia agroindustrial possui algumas características intrínsecas que a transformam em um verdadeiro jogo de incertezas, demonstrando ser um investimento com elevado risco financeiro.

Complementarmente, Martins (2009) relaciona essas características à dependência dos fatores climáticos, ao elevado tempo de retorno do investimento de algumas culturas, à dificuldade de comercialização pela alta perecibilidade dos produtos, à volatilidade e à incerteza do preço de recebimento do produto.

Nesta mesma linha, para Spolador (2001), o agronegócio, de modo geral, possui algumas particularidades que dificultam um perfeito equilíbrio de mercado e, assim, interferem no mercado de crédito. Essas particularidades são o risco climático, custos de transação elevados, preços voláteis e assimetria de informação.

Eventos meteorológicos extremos, como secas prolongadas, excesso de chuvas, geadas, entre outros, compõem os fatores associados ao risco climático, e, com o intuito de reduzir os seus impactos, foram desenvolvidas ações governamentais entre elas o Zoneamento Agrícola e o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural (MAPA, 2013).

O Zoneamento Agrícola consiste em um instrumento de gestão de risco baseado em informações de clima, solo e cultivares, que aponta os momentos mais adequados para o plantio, e as culturas mais adequadas para cada região, buscando auxiliar os produtores a enfrentarem os riscos incontroláveis, inerentes à sua atividade (MAPA, 2013).



Ainda de acordo com Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2013), o Programa de Subvenção ao Prêmio do Seguro Rural visa minimizar os efeitos decorrentes dos eventos climáticos adversos e contribuir para estabilizar a renda agropecuária. Entre seus objetivos estão reduzir o custo de aquisição das apólices de seguro rural pelo produtor, contribuir para a incorporação da cultura de contratação dessa modalidade de garantia, induzir ao uso de tecnologias e modernizar a gestão do empreendimento agropecuário.

No combate ao custo de transação elevado, notam-se mudanças positivas no ambiente institucional do crédito agrícola. Por meio de um esforço coordenado entre os agentes financeiros, espera-se ampliar as fontes alternativas de financiamento ao produtor, reduzindo o custo do capital e compartilhando os riscos. Assim, estabelecendo arranjos eficientes que diminuem as incertezas para as partes, busca-se a redução dos custos de transação (ALMEIDA; ZYLBERSZTAJN, 2008).

Por fim, a assimetria da informação, conforme Araújo (1996), presente nos mercados de crédito, surge da diferença de informações disponíveis entre ofertantes e demandantes de um bem ou serviço sobre o que está sendo transacionado no mercado. Com isso, os preços não ajustam as diferenças de qualidade entre bens e serviços do mercado, gerando um equilíbrio ineficiente e diferente do que seria o ótimo de mercado.

Por último, a demanda crescente por grãos, entre outras *commodities*, somada à especulação financeira, aumenta a volatilidade dos preços destes produtos, que, para Frederico (2010) pode ser combatido, principalmente, pelo controle de uma rede de armazenamento para a formação de estoques estratégicos.

Bignotto, Barossi Filho e Sampaio (2004) ressaltam que as atividades agropecuárias encontram-se mais direcionadas à produção de *commodities*, que são mercadorias padronizadas e de baixo valor agregado. Outra peculiaridade do setor destacada pelo autor é que, em geral, as organizações operam com poucas variedades de *commodities*, estando sujeitas às frequentes oscilações de produção, qualidade e preço. Este fato, conclui o autor, torna a agroindústria vulnerável às variações de poucos ativos.

Estudos da Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) e da Agência das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação (FAO), para o período 2014/2023, alertam para a manutenção dos preços das *commodities* agrícolas em um patamar elevado para a próxima década, como resultado de uma demanda crescente, com intensidade maior do que a modesta elevação na produção mundial. Assim, o estudo indica que o aumento da produtividade nos países em desenvolvimento será fundamental para garantir uma oferta adequada de produtos agrícolas no período projetado. (OCDE-FAO, 2014).

Essas perspectivas significam, ao mesmo tempo, uma oportunidade e um desafio ao agronegócio brasileiro. Para manter o ritmo de expansão da produção e das exportações agropecuárias, consolidando a posição de liderança do Brasil no mercado agrícola mundial, faz-se necessário intensificar os esforços conjuntos dos produtores rurais e do governo, por meio de políticas públicas que assegurem níveis adequados de auxílio e contribuam para a melhoria das condições de logística e infraestrutura. (MAPA, 2013).

A partir da literatura estudada, referente ao agronegócio, é possível extrair algumas variáveis que podem impactar na análise de risco de crédito voltada para os participantes do agronegócio. Entre elas destacam-se a projeção da produção, a projeção do consumo e a projeção da exportação, para o ano seguinte, a evolução histórica da produção, a variação histórica do Valor Bruto da Produção (VPB) e a precipitação histórica.

## **2.2 Agronegócio no Brasil**

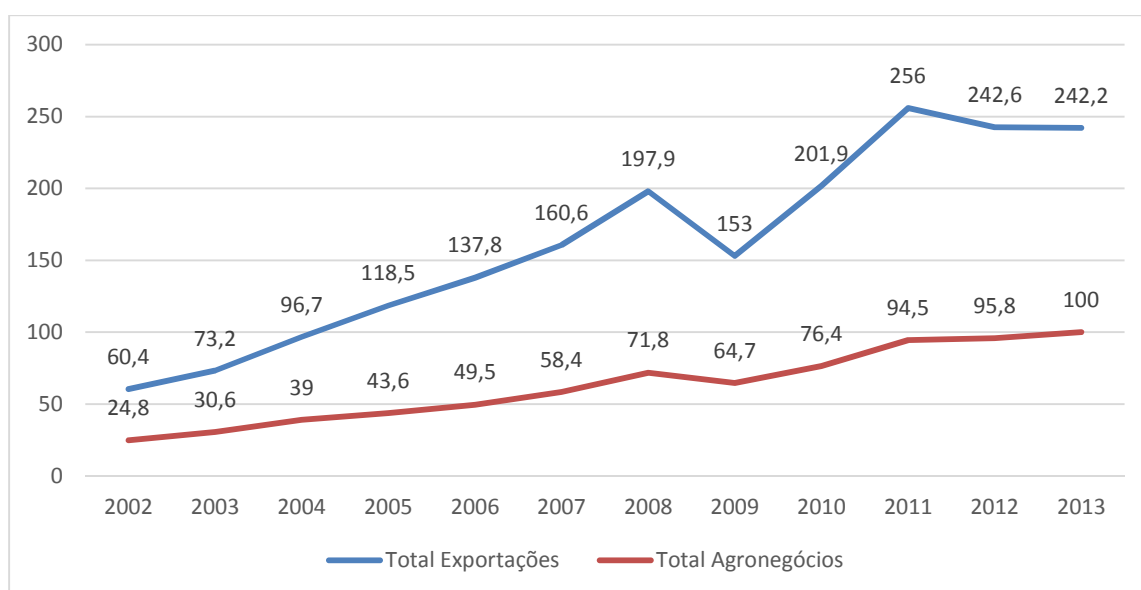
A agricultura brasileira alcançou níveis de excelência e competitividade que foram se impondo a partir do processo de internacionalização do agronegócio. Passado o declínio econômico na década de 1960, observou-se uma maior abertura da economia brasileira, gerando a necessidade da implementação de políticas públicas ativas para a viabilização do salto tecnológico focado no melhoramento genético e na

intensificação do uso de insumos modernos, bem como das políticas de crédito rural e de assistência técnica pública, de pesquisa e desenvolvimento adequados à agricultura tropical e políticas de implantação de indústrias de insumos básicos, como fertilizantes, corretivos e defensivos agrícolas (BAER, 2002).

Nesse cenário, o agronegócio brasileiro tornou-se um segmento com grande expressividade econômica. Conforme dados divulgados em 2014 pelo IBGE, o agronegócio foi responsável por aproximadamente 23% do PIB nacional e representou 42% das exportações brasileiras, ambos em 2013. O País é um dos líderes mundiais no setor agropecuário, exportando para mais de 180 nações (CEPEA, 2014).

Acompanhando a evolução histórica das exportações brasileiras, ilustrada na GRAFICO 1, que partiram de US\$60,4 bilhões em 2002, e alcançaram US\$242,2 bilhões em 2013, as exportações do agronegócio seguiram a mesma tendência de alta, e cresceram de US\$24,8 bilhões para US\$100 bilhões, no mesmo período (SECRETARIA DE ESTADO DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO DE MINAS GERAIS, 2014).

GRÁFICO 1 - Evolução Histórica das Exportações Brasileiras, no Período Compreendido entre 2002 e 2013



Fonte: Adaptado de Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais, 2014.

O bom desempenho interno e externo do setor agropecuário tem como característica os elevados níveis de produtividade e o contínuo crescimento da produção e das exportações, cuja diversidade de sua pauta e de seus mercados de destino constitui progresso importante que contribui para consolidar a inserção do Brasil no mercado agrícola mundial e sua posição de destaque entre os principais produtores e exportadores agrícolas mundiais (MAPA, 2013).

Conforme demonstrado na TABELA 1, o Brasil foi classificado como o maior produtor mundial de açúcar, café e suco de laranja, e liderou o ranking de maior exportador, de etanol e de carne de aves, além de açúcar, café e suco de laranja, em 2012.

TABELA 1 - Produção e Exportação Brasileira do Agronegócio – Ranking Mundial em 2012

<b>Produtos</b>	<b>Produção</b>	<b>Exportação</b>	<b>Número de Países</b>	<b>Principal Comprador</b>
Açúcar	1º	1º	126	Rússia
Café	1º	1º	133	EUA
Suco de Laranja	1º	1º	68	Bélgica
Soja e seus produtos	2º	2º	95	China
Carne Bovina	2º	2º	135	Rússia
Etanol	2º	1º	34	EUA
Carne de aves	3º	1º	145	Japão
Milho	4º	4º	48	Irã
Carne Suína	4º	4º	74	Rússia

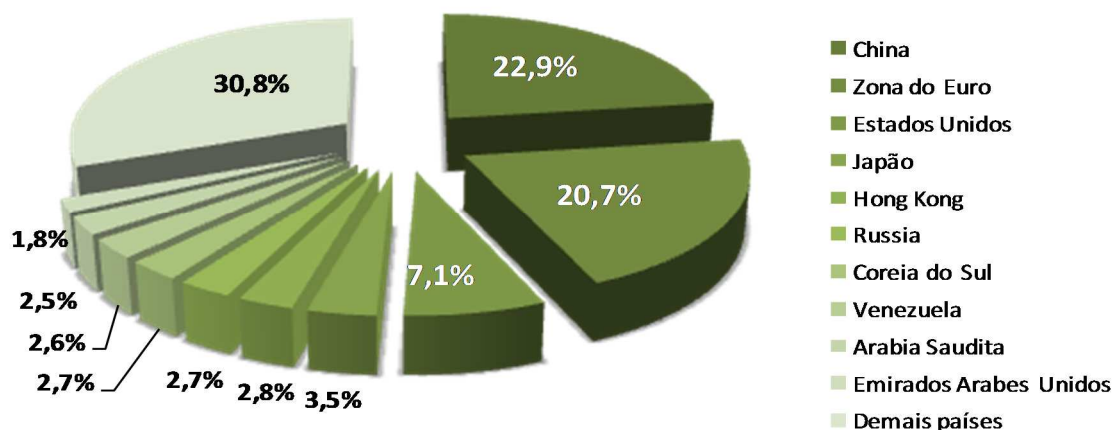
Fonte: MAPA, 2013

Em 2013, a China se firmou como o principal destino dos produtos agropecuários brasileiros, absorvendo 22,9% do total exportado pelo setor, em termos de faturamento. A Zona do Euro, que até 2012 era a principal parceira comercial do agronegócio brasileiro, aparece, agora, como segundo maior destino, com participação de 20,7% na receita gerada, percentual levemente inferior ao do ano anterior, que foi de 21,6%. Os Estados Unidos se mantiveram em terceiro lugar com 7,1% do total exportado pelo País. Os demais demandantes, em ordem decrescente, foram: Japão, Hong Kong, Rússia, Coreia do Sul, Venezuela, Arábia Saudita e Emirados Árabes Unidos, conforme pode ser visualizado na GRAFICO 2 (CEPEA, 2014).

Não obstante o bom desempenho interno e externo do setor agropecuário e os progressos percebidos na modernização da política agrícola e seus instrumentos,

restam desafios importantes a serem superados para o alcance da sustentabilidade do seu crescimento (MAPA, 2013).

GRÁFICO 2 - Principais Destinos do Agronegócio em 2013



Fonte: CEPEA, 2014

Em seu balanço anual, a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2014) aponta alguns desses desafios a serem superados nos próximos anos, entre eles a necessidade de mudanças tecnológicas, a elevação dos custos de produção decorrentes da variação cambial, o aumento da necessidade de manejo sanitário das lavouras e a elevação da demanda pela pecuária, isto, considerando um cenário de preços positivos no decorrer dos anos seguintes. Em comum entre eles, a demanda por recursos financeiros, especialmente de terceiros, uma vez que, em razão da queda da rentabilidade da maioria das culturas, no período 2013/2014, a disponibilidade de capital próprio do produtor foi reduzida (CNA, 2014).

Considerando os atuais instrumentos de política agrícola e aqueles historicamente utilizados, o crédito rural ganha destaque por sua contribuição para a elevação da produtividade e da renda do produtor rural. Uma crescente disponibilidade de recursos financeiros para o financiamento da agricultura com taxas de juros abaixo daquelas de mercado, com a utilização de recursos controlados, permite o aumento da liquidez e da capitalização do setor (ALMEIDA; ZYLBERSZTAJN, 2008; ARAÚJO, 1996; ARAÚJO, 2011; BIGNOTTO; BAROSSO FILHO; SAMPAIO, 2004; DEFANTE *et. al.*, 1999; FREDERICO, 2010; MARQUES, 2000; MARQUES; MELLO, 1999; SPOLADOR, 2001; STUCHI, 2003).

### 2.3 Crédito

O crédito representa uma importante fonte de recursos para o financiamento às pessoas físicas, em especial nas situações de descasamento dos prazos de recebimento da renda e pagamento das despesas (SANTOS; FAMÁ, 2007).

Para Silva (2013, p 45): “em um banco, que tem a intermediação financeira como sua principal atividade, o crédito consiste em colocar à disposição do cliente (tomador de recursos) certo valor sob forma de empréstimo ou financiamento, mediante uma promessa de pagamento numa data futura”.

Já para Santos (2012, p 1), “crédito, em finanças, é definido como a modalidade de financiamento destinada a possibilitar a realização de transações comerciais entre empresas e seus clientes”.

Santos (2012) acrescenta que o crédito engloba duas ideias fundamentais: confiança, por meio da promessa de pagamento, e tempo, referente ao período fixado entre a aquisição e a liquidação da dívida, e conclui:

Dentre as várias conceituações, uma linha de raciocínio tem predominado entre os autores: crédito refere-se à troca de um valor presente por uma promessa de reembolso futuro, não necessariamente certa, em virtude do ‘fator risco’. Daí, a necessidade de que o credor faça uma análise cuidadosa da capacidade financeira de cada cliente, antes da concessão do financiamento (SANTOS, 2012, p 1).

Como o crédito trata de um ato voluntário, cabe ao cedente do recurso a decisão de emprestá-lo ou não, tendo o direito de recusar se achar conveniente (GONÇALVES, 2005).

O crédito ao consumidor é uma grande indústria que opera no mundo, proporcionando as transações de bens e serviços. Desta forma, grandes varejistas impulsionam suas vendas, fornecendo crédito, segundo Gonçalves, Gouvêa e Mantovani (2013), ao defenderem a ideia de Lewis (1992), de que “o crédito ao consumidor é um negócio essencial. O maior desafio dessa indústria é tornar o crédito largamente disponível.

Assim, tantas pessoas quanto possíveis terão a oportunidade de utilizar essa poderosa ferramenta” (LEWIS, 1992, p. 2).

De acordo com Brigham, Gapenski e Ehrhardt (2001) a disponibilização de crédito por parte de empresas e instituições financeiras é um importante impulsionador da atividade econômica, por disponibilizar recursos financeiros às pessoas físicas para o financiamento de suas necessidades permanentes e eventuais.

Silva (2013, p. 386) define que a “estruturação de um empréstimo ou de um financiamento é uma das importantes partes do processo decisório do crédito” e sugere a estruturação destas operações em três aspectos<sup>2</sup>:

- Aspecto 1: necessidades do cliente – na condição de intermediário financeiro, a receita principal de um banco tende a decorrer de sua atuação como fornecedor de fundos para seus clientes, cujas necessidades podem ser agrupadas em dois grandes grupos, ou seja necessidade de capital de giro e necessidade de financiamentos de longo prazo.
- Aspecto 2: produtos do banco – as diversas linhas de empréstimos e financiamentos dos bancos variam conforme as características operacionais dos respectivos banco, quanto ao tipo de cliente, suas necessidades e aos produtos destinados a esses clientes. Entre os produtos bancários estão: contas garantidas; *hot money*; desconto de duplicatas; desconto de notas promissórias; financiamento de tributos; empréstimos de capital de giro; *vendor finance*; *acc/ace*; carta de crédito; *leasing*; *finame*; crédito rural; e outros.
- Aspecto 3: condições do empréstimo – identificadas as necessidades de recursos do cliente e conhecendo-se os produtos do banco, o próximo passo deve ser o entendimento dos pormenores das condições do empréstimo. Alguns fatores a serem esclarecidos são: finalidade; modalidade e montante; prazos e condições de pagamento; capacidade de pagamento; garantias; preços do empréstimo ou do financiamento; e outros.

---

<sup>2</sup> Maior detalhamento da estrutura sugerida por Silva (2013), bem como a definição de cada um de seus componentes pode ser encontrada em sua obra *Gestão e Análise de Risco de Crédito*, às páginas 386 e seguintes, não tendo sido descrita detalhadamente neste trabalho por fugir de seu escopo.

Segundo Securato (2002) apesar de existirem empréstimos não onerosos àquele que recebe o recurso, normalmente, vincula-se a qualquer transação de empréstimo um preço remuneratório, que deverá ser pago pelo tomador.

Avançando no processo de concessão, Mário (2002) destaca que a decisão de disponibilizar certo valor ou recurso a um agente tomador, com a correspondente promessa de sua devolução em data futura previamente acordada, incita a dúvida quanto à capacidade de pagamento do tomador. Essa questão deve ser respondida por meio de uma avaliação numa análise de concessão de crédito, a fim de se verificar o potencial atual e o futuro de recursos do agente analisado, comparativamente ao montante de recursos solicitados e seus encargos.

Esses encargos, ou preço remuneratório, “baseiam-se na compensação dos riscos assumidos pelo cedente quanto à possível perda ou deterioração de seu patrimônio que houvera cedido” (GONÇALVES, 2005, p. 10).

Em alguns casos, como concluiu Mário (2002), o risco a se assumir não é compensado pelo retorno, desta forma, o risco de inadimplência torna-se muito importante na análise de concessão de crédito e determinadas variáveis podem ser úteis na avaliação denominada Análise de Crédito.

### **2.3.1 Crédito Rural no Brasil**

No Brasil, historicamente, as autoridades econômicas/monetárias foram ativas no desenvolvimento de medidas e regulamentos – convencionais e inovadores – nos mercados financeiros, na busca de recursos para o financiamento do agronegócio. Tetos e quotas, mecanismos de desconto e redesconto, exigências na aplicação de reservas bancárias e taxas de juros preferenciais foram extensivamente utilizados com o intuito de convencer os bancos a ofertar serviços de crédito e financiamento aos agricultores. Essa política intervencionista visava à modernização e a formação de capital na agricultura, juntamente à maior eficiência do sistema bancário, por meio



da aplicação compulsória de serviços financeiros ao setor rural, principalmente nas áreas mais carentes (ARAÚJO, 2011).

Dentro desta forma de atuação, citada por Araújo (2011), parte da literatura, como Defante *et. al.*, (1999), Spolador (2001), Almeida e Zylbersztajn (2008), Frederico (2010) e Araújo (2011) que tratam do financiamento rural no Brasil apontam a implantação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), em 1965, como um marco. Apesar de já existirem outras formas de financiamento do governo de antes desse período, nada, contudo, apresentou a dimensão do SNCR, principalmente durante a década de 70, quando se observou uma das etapas mais importantes de desenvolvimento da agricultura. A partir de então, observou-se uma redução dos recursos disponibilizados pelo governo por meio desse sistema.

Com a criação do SNCR, por meio da lei 4.289, de 1965, as políticas de crédito agrícola foram consolidadas no Brasil. O SNCR tinha como principais objetivos o financiamento de parte dos custos de produção agrícola, estimular a formação de capital, acelerar a adoção de novas tecnologias e fortalecer a posição econômica dos produtores, especialmente os pequenos e médios (ALMEIDA; ZYLBERSZTAJN, 2008; ARAÚJO, 2011; DEFANTE *et. al.*, 1999; FREDERICO, 2010; SPOLADOR, 2001).

Implícito, mas também objetivo importante, acrescenta Araújo (2011), “foi o uso do crédito subsidiado para compensar os agricultores, especialmente o pequeno e o pobre, das distorções macroeconômicas (controles de preços, impostos nas exportações e restrições ao comércio, entre outras), visando à industrialização e ao controle da inflação” (ARAÚJO, 2011, p 9).

Como forma de estruturar o processo do crédito rural no Brasil, Almeida e Zylbersztajn (2008) dividiram essa trajetória em três fases principais, considerando os principais marcos institucionais que caracterizaram sua evolução, e desenvolveram a FIGURA 1. Ao observá-la, nota-se a adoção de formas contratuais que levaram à redução da participação do Estado no financiamento da agricultura comercial. Com isso, o Estado passa a direcionar suas políticas para programas sociais, de apoio à agricultura familiar e às renegociações das dívidas.



Nesse intervalo, as políticas de substituição de importação deixaram de ser opção prioritária das ações governamentais. Problemas decorrentes do alto endividamento do País no exterior forçaram uma drástica redução do fluxo de poupança e investimentos estrangeiros. Com a capacidade de poupança do governo brasileiro próxima a zero e a inflação em patamares elevados, não havia mais a sustentação política necessária para a manutenção da maioria das políticas macroeconômicas vigentes desde 1970 (ARAÚJO, 2011).

Entre as principais medidas adotadas na segunda fase estão: i) elevação das taxas de juros, diminuição do volume de crédito concedido e utilização de limites de crédito para custeio; ii) encerramento da conta movimento do Banco do Brasil em 1986 e criação da poupança rural e iii) vinculação da política agrícola a outras políticas do governo de combate à inflação (DEFANTE *et. al.*, 1999).

Por último, em sua terceira fase, iniciada no final da década de 90 e início da década de 2000, a política de crédito no Brasil é caracterizada pela submissão a critérios mais rígidos na concessão de empréstimos pelos agentes financeiros, a maior pulverização do crédito subsidiado por intermédio das cooperativas de crédito no repasse dos recursos aos produtores e a maior presença de formas alternativas de financiamento em resposta à escassez dos recursos (ALMEIDA; ZYLBERSZTAJN, 2008; ARAÚJO, 2011; DEFANTE *et. al.*, 1999; FREDERICO, 2010; SPOLADOR, 2001).

As principais fontes de recursos de crédito rural são os recursos dos depósitos à vista nos bancos comerciais e da poupança rural, acompanhados dos Fundos Constitucionais e das linhas de crédito administradas pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Completam as fontes de recursos, Recursos Livres<sup>3</sup>, o Funcafé<sup>4</sup> e Outras Fontes<sup>5</sup>. A TABELA 2 traz a participação destas

---

<sup>3</sup> Recursos Livres são operações realizadas pelas Instituições Financeiras, cujas condições do financiamento estão sujeitas a normas específicas identificadas com a natureza dessas operações, não sendo controlados pelas políticas de crédito rural.

<sup>4</sup> Funcafé – Fundo de Defesa da Economia Cafeeira, que destina recursos aos participantes, à taxas fixas e abaixo das praticas pelo mercado.

<sup>5</sup> Recursos provenientes do Tesouro Nacional e dos Depósitos Compulsórios no Banco Central.

fontes de recursos no financiamento da agricultura, no período entre 2006 e 2013 (MAPA, 2015).

TABELA 2 - Participação das Fontes de Recursos no Financiamento da Agricultura

Ano	Recursos Obrigatórios	Poupança Rural	Fundos Constitucionais	BNDES	Recursos Livres	Funcafé	Outros Recursos	Total
2006	45,8%	18,7%	9,2%	7,3%	4,3%	3,9%	10,8%	100%
2007	55,5%	17,9%	7,6%	4,6%	3,8%	3,2%	7,3%	100%
2008	47,4%	26,0%	8,8%	5,8%	4,8%	2,9%	4,3%	100%
2009	48,3%	26,1%	7,3%	7,0%	4,2%	2,2%	4,9%	100%
2010	46,8%	30,2%	7,9%	6,6%	2,0%	1,9%	4,6%	100%
2011	47,3%	30,8%	7,6%	6,8%	2,8%	1,6%	3,0%	100%
2012	34,0%	31,8%	8,5%	9,9%	4,4%	1,6%	9,8%	100%
2013	37,4%	33,6%	8,4%	11,4%	3,2%	1,5%	4,5%	100%

Fonte: MAPA, 2015

Considera-se crédito rural o suprimento de recursos financeiros, por instituições de Sistema Nacional de Crédito Rural, para aplicação exclusiva nas finalidades e condições estabelecidas no Manual de Crédito Rural, regulado pelo Banco Central do Brasil, cujos objetivos se estenderam, desde a criação do SNCR, visando, agora:

1. estimular os investimentos rurais para produção, extrativismo não predatório, armazenamento, beneficiamento e industrialização dos produtos agropecuários, quando efetuado pelo produtor na sua propriedade rural, por suas cooperativas ou por pessoa física ou jurídica equiparada aos produtores;
2. favorecer o oportuno e adequado custeio da produção e a comercialização de produtos agropecuários;
3. fortalecer o setor rural;
4. incentivar a introdução de métodos racionais no sistema de produção, visando ao aumento da produtividade, à melhoria do padrão de vida das populações rurais e à adequada defesa do solo;
5. propiciar, através de crédito fundiário, a aquisição e regularização de terras pelos pequenos produtores, posseiros e arrendatários e trabalhadores rurais;
6. desenvolver atividades florestais e pesqueiras;
7. quando destinado a agricultor familiar ou empreendedor familiar rural, nos termos da Lei nº 11.326, de 24/7/2006, estimular a geração de renda e o melhor uso da mão-de-obra familiar, por meio do financiamento de atividades e serviços rurais agropecuários e não agropecuários, desde que desenvolvidos em estabelecimento rural ou áreas comunitárias próximas, inclusive o turismo rural, a produção de artesanato e assemelhados [...] (BACEN, 2014, p 11).

De acordo com o Manual do Crédito Rural (BACEN, 2014), constituem modalidades do crédito rural:

- Crédito rural corrente: é o suprimento de recursos sem a concomitante prestação de assistência técnica;
- Crédito rural educativo: é o suprimento de recursos conjugado com a prestação de assistência técnica, compreendendo a elaboração de projeto ou plano e a orientação ao produtor;
- Crédito rural especial: é destinado a cooperativas de produtores rurais (Cooperativas de produção agropecuária), para aplicações próprias ou dos associados e programas de colonização ou reforma agrária.

Cabe ao SNCR conduzir os financiamentos, sob as diretrizes da política creditícia formulada pelo Conselho Monetário Nacional, em consonância com a política de desenvolvimento agropecuário (BACEN, 2014).

O SNCR é constituído de Órgãos Básicos (BACEN, Banco do Brasil, Banco da Amazônia e Banco do Nordeste do Brasil) e Órgãos Vinculados (BNDES, agências de fomentos, bancos estaduais, inclusive de desenvolvimento, bancos privados, Caixa Econômica Federal, cooperativas de crédito rural e sociedades de crédito, financiamento e investimento) controlados pelo BACEN.

Ainda conforme o Manual do Crédito Rural (BACEN, 2014), o crédito rural pode ser concedido com recursos controlados e não controlados. São considerados recursos controlados:

- Os da Exigibilidade dos Recursos Obrigatórios, ou seja, os relativos aos recursos à vista (depósitos à vista) que as instituições financeiras tem que manter obrigatoriamente aplicado em operações de crédito rural;
- Os das Operações Oficiais de Crédito sob supervisão do Ministério da Fazenda (recursos do Orçamento Geral da União – OGU);
- Os de qualquer fonte quando destinados ao crédito rural na forma de regulamentação aplicável, quando sujeitos à subvenção da União, sob a forma de

equalização de encargos financeiros, inclusive os recursos administrados pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES);

- Os da poupança rural, quando aplicados segundo as condições definidas para os Recursos Obrigatórios;
- Os dos fundos constitucionais de financiamento regional;
- Os do Fundo de Defesa da Economia Cafeeira – Funcafé.

Já os recursos não controlados, são:

- Os da Exigibilidade dos Recursos da Poupança Rural, quando as instituições financeiras têm que manter obrigatoriamente aplicados em operações de crédito rural;
- Os de aplicações livres da poupança rural;
- Os livres das instituições financeiras;
- De outros fundos, programas, linhas específicas e fontes.

Por fim, o crédito rural pode ter as seguintes finalidades: custeio, investimento e comercialização.

O crédito de custeio destina-se a cobrir despesas normais dos ciclos produtivos, podendo ser classificado como agrícola ou pecuário. O crédito de investimento tem como finalidade financiar a aquisição de bens ou serviços cujo desfrute se estenda por vários períodos de produção. Por último, o crédito de comercialização objetiva-se a cobrir despesas próprias da fase posterior à coleta da produção ou a converter em espécie os títulos derivados de sua venda ou entrega pelos produtores ou suas cooperativas (BACEN, 2014).

As Instituições Bancárias são as responsáveis pelo repasse dos recursos aos produtores rurais, sejam esses recursos controlados, ou livres. A atividade bancária envolve diversas formas de riscos em suas operações. Esses riscos devem ser conhecidos e devidamente mensurados com a finalidade de assegurar uma avaliação do financiamento adequado, uma vez que todo empréstimo se inicia na entrega dos recursos e se encerra com seu retorno. Entretanto, a literatura traz diferentes formas de agrupamento de riscos, o que pode vir a provocar distorções em suas definições.

### 2.3.2 Risco de Crédito

O BACEN define risco de crédito como a possibilidade de ocorrência de perdas associadas ao não cumprimento pelo tomador ou contraparte de suas respectivas obrigações financeiras nos termos pactuados, à desvalorização de contrato de crédito em razão da deterioração na classificação de risco tomador, à diminuição de ganhos ou remuneração, às vantagens concedidas na renegociação e aos custos de recuperação.

A definição de risco de crédito, ainda segundo o BACEN, compreende o risco de crédito da contraparte, entendido como a probabilidade de não cumprimento, por determinada contraparte, de obrigações referentes à liquidação de operações que envolvam a negociação de ativos financeiros, o risco país, entendido como a possibilidade de perdas decorrentes do não cumprimento de obrigações financeiras nos termos acordados, por tomador ou contraparte localizada fora do País, em decorrência de ações realizadas pelo governo do país onde se localiza o tomador ou contraparte.

Somado a esses, estão compreendidos, também, o risco de transferência, entendidos como a possibilidade de ocorrer entraves na conversão cambial dos valores recebidos, a possibilidade de ocorrência de desembolsos para honrar avais, fianças, coobrigações, compromissos de crédito ou outras operações semelhantes e, por fim, a possibilidade de perdas relativas ao não cumprimento de obrigações financeiras na forma acordada por parte de intermediadora ou conveniente de operações de crédito (BACEN, 2015).

Para Caouette, Altman e Narayanan (1999, p 1) “o risco de crédito é a mais antiga forma de risco nos mercados financeiros. Se podemos definir crédito como ‘a expectativa de uma quantia em dinheiro, dentro de um espaço de tempo limitado’, então o risco de crédito é a chance de que esta expectativa não se cumpra”.

O risco de crédito está vinculado à possibilidade de que o tomador do crédito não cumpra seu compromisso com a instituição que disponibilizou o recurso financeiro mediante operações de crédito (FRANCISCO, 2006)

Apesar das razões apresentadas que justificam a atenção empregada na redução do risco de crédito pelas instituições financeiras, Saunders (2000, p. 3) acredita que “o maior incentivo para bancos desenvolverem novos modelos de risco de crédito provavelmente seja sua insatisfação com a imposição pós-1992 de exigência de capital para empréstimos, pelo BIS e por Bancos Centrais”.

Por meio dos Acordos de Basiléia, conhecidos como Basiléia I e Basiléia II, o Comitê de Basiléia de Supervisão Bancária divulga um conjunto mínimo de diretrizes<sup>6</sup> a serem seguidas pelas Instituições Bancárias, como forma de redução dos principais riscos inerentes do setor. Os riscos considerados nos dois acordos são o Risco de Mercado, o Risco Operacional e o Risco de Crédito (BIS, 2014).

Além do risco de crédito, o BACEN lista outros 13 riscos envolvidos na atividade bancária, e define os principais conforme QUADRO 1.

---

<sup>6</sup> Essas diretrizes estão disponíveis em <<http://www.bis.org/about/index.htm>>



QUADRO 1 - Principais Riscos da Atividade Bancária e suas definições, segundo o BACEN

TIPO DE RISCO	DEFINIÇÃO
Risco de Crédito	Risco de que a contraparte na transação não honre sua obrigação nos termos e condições do contrato. O risco de crédito está presente nas chamadas operações de crédito, como empréstimos e financiamentos, em qualquer outra modalidade representada por instrumentos financeiros que estejam no ativo da instituição, seja nas contas patrimoniais, seja nas de compensação.
Risco de Mercado	Risco de desvalorização de instrumento financeiro ou de carteira de instrumentos financeiros, decorrente de variação nas taxas de juros, nas taxas de câmbio, nos preços de ações ou nos preços de mercadorias.
Risco Operacional	Risco de haver erro humano ou falha de equipamentos, programas de informática ou sistema de telecomunicações imprescindíveis ao funcionamento de determinados sistemas.
Risco de Liquidez	Risco de a instituição tornar-se incapaz de honrar suas obrigações ou de garantir condições para que sejam honradas.
Risco de Liquidação	Risco de que uma liquidação em um sistema de transferência não se realize segundo o esperado. Esse risco pode envolver tanto o risco de crédito quanto o de liquidez.
Risco de Principal	Risco de um vendedor de um título entregar o ativo, mas não receber o pagamento, ou de o comprador de um título efetuar o pagamento, mas não receber o ativo.
Risco Legal	Risco de que uma parte sofra uma perda porque as leis ou regulações não dão suporte às regras do sistema de liquidação de valores mobiliários, à execução dos arranjos de liquidação relacionados aos direitos de propriedade e outros interesses que são mantidos pelo sistema de liquidação.
Risco Sistêmico	Risco de que a inadimplência de um participante com suas obrigações em um sistema de transferência, ou em geral nos mercados financeiros, possa fazer com que outros participantes ou instituições financeiras não sejam capazes, por sua vez, de cumprir com suas obrigações no vencimento.

Fonte: Adaptado de BACEN, 2015

Francisco (2006), no que tange o gerenciamento do risco de crédito, classifica a tomada de decisão como um processo complexo, no qual é necessário um avaliador de crédito experiente, conhecimento do produto, metodologia adequada, normas da instituição concessora e a utilização de técnicas e mecanismos para decisão adequada.

Nesta linha, Santos e Famá (2007), a fim de minimizar esse risco, destacam a importância da gestão do risco de crédito, baseada em procedimentos subjetivos (análise caso a caso) e objetivos (análise estatística), como ferramenta para a correta seleção, análise,

precificação e monitoração do risco de inadimplência, quando da ocorrência de fatores sistêmicos adversos.

Mário (2002) acrescenta recomendações quanto à estrutura e tipo de empréstimo como objetos da análise de crédito, como forma de manter-se o foco na otimização de resultados, buscando subsidiar a decisão de se conceder ou não o crédito.

De acordo com Santos (2012), atribui-se ao processo de análise de crédito o objetivo de averiguar se o tomador possui idoneidade e capacidade financeira para amortizar a dívida, e como forma de alcançar tal objetivo, o autor escreve que as empresas recorrem ao uso de duas técnicas: a técnica subjetiva baseada no julgamento humano e a técnica objetiva baseada em procedimentos estatísticos.

Segundo Caouette, Altman e Narayanan (1999, p.98), “para atingirem seus julgamentos subjetivos, os executivos de crédito são auxiliados por diversas técnicas analíticas de avaliação da probabilidade de que uma empresa ou pessoa atenda às obrigações de um determinado crédito”.

Para os autores, os três C's clássicos do crédito - Caráter, Capacidade e Capital – foram e são as três pernas do tripé do crédito, e afirmam que “as técnicas analíticas evoluíram ao longo do tempo, mas continuam a se concentrar nas características do tomador” (CAOUILTE; ALTMAN; NARAYANAN, 1999, p. 98).

Além destes, outros C's são considerados na análise de crédito (GONÇALVES, 2005; MÁRIO, 2002; RESENDE, 2013; SANTOS; FAMÁ, 2007; SAUNDERS, 2000; SILVA, 2013).

Caráter, de acordo com Mário (2002, p. 112), “diz respeito à intenção de pagar e a fatores como pontualidade de pagamentos anteriores, ou protestos”.

Capacidade, segundo Resende (2014), refere-se à habilidade do tomador em administrar seus negócios, a fim de cumprir as obrigações assumidas.

Capital, para Gonçalves (2005, p. 16) “refere-se ao potencial de ‘produzir’ dinheiro. No caso de análise para pessoa física, o avaliador deve levar em consideração a renda do indivíduo e seu patrimônio para entender se ele possui meios de quitar o empréstimo”.

Outros dois C’s foram acrescentados aos anteriores como forma de aumentar a previsibilidade da técnica subjetiva, sendo eles Colateral e Condições (GONÇALVES, 2005; MÁRIO, 2002; RESENDE, 2013; SANTOS; FAMÁ, 2007; SAUNDERS, 2000; SILVA, 2013).

Colateral, conforme Saunders (2000), refere-se, no caso de inadimplência, aos direitos do banco sobre a garantia real dada pelo tomador. “Quanto maior a prioridade destes direitos, e maior o valor de mercado da garantia subjacente, menor o risco de exposição do empréstimo” (SAUNDERS, 2000, p. 8).

Condições, no entendimento de Santos e Famá (2007), diz respeito ao impacto de fatores externos na geração de fluxos de caixa.

Considera-se, também, um sexto “C”, aos C’s do Crédito, que é o de Conglomerado (SILVA, 2013). Conglomerado, para Silva (2013, p.77) “refere-se à análise não apenas de uma empresa específica que esteja pleiteando crédito, mas ao exame do conjunto, do conglomerado de empresas no qual a pleiteante de crédito esteja contida”.

Santos e Famá (2007, p. 108) afirmam que “cada um dos C’s tem sua importância para a melhor identificação do risco de crédito do cliente e, por isso, são ponderados diferentemente nos modelos desenvolvidos para a previsão de inadimplência, que são utilizados nas análises objetivas de crédito”.

A análise objetiva busca apoiar-se nas metodologias estatísticas, com o intuito de apurar resultados matemáticos que assegurem a capacidade de pagamento dos tomadores (SANTOS; FAMÁ, 2007).

Para Caouette, Altman e Narayanan (1999, p. 119) “índices, teoria das opções, econometria, sistemas especialistas – todas são tentativas de isolar um problema em

uma construção que possa ser estudada, refinada, testada e, se eficaz, implementada de maneira lucrativa”.

Os autores ainda descrevem as etapas para a construção de um modelo de risco de crédito:

Primeiramente, devem ser postuladas as relações entre as variáveis que parecem afetar o risco de inadimplência; é aqui que entra a teoria. Depois, para derivar um modelo formal, deve ser empregado um conjunto de ferramentas para estimar ou simular resultados. É crucial a presença de um corpo de dados neste ponto, porque os modelos não podem ser criados no vácuo. Finalmente, uma série de testes deve ser aplicada para determinar se o modelo de fato tem o desempenho esperado (CAOUILLE; ALTMAN; NARAYANAN, 1999, p. 119).

Caouette, Altman e Narayanan (1999) classificam os modelos de mensuração de risco de crédito de acordo com três dimensões diferentes: as técnicas empregadas, o domínio de aplicações no processo de crédito e os produtos a que se aplicam, conforme QUADRO 2.

A partir das dimensões apresentadas anteriormente e em razão dos objetivos deste trabalho, optou-se pela utilização de um modelo de *Credit Scoring*, que na dimensão Técnicas empregadas, se enquadra na técnica econométrica, na dimensão Domínio de aplicação, objetiva a aprovação, ou não, do crédito, e, por fim, na dimensão Produtos a que se aplicam, destina-se à análise de risco de consumidores, no segmento de produtores rurais – pessoa física.

Segundo Lima (2011, p. 22), “como regra geral, um modelo de *Credit Scoring* é desenvolvido e aplicado para um determinado perfil e tipo de operação, [...], supondo que a amostra de desenvolvimento e o público-alvo sejam homogêneos”.

QUADRO 2 - Dimensões de Classificação dos Modelos de Mensuração de Risco de Crédito, segundo Caouette, Altman e Narayanan (1999)

<b>DIMENSÃO: Técnicas empregadas</b>	
Técnicas econométricas	Modelam a probabilidade de inadimplência ou o prêmio de inadimplência, como variável dependente, cuja variância é explicada por um conjunto de variáveis independentes;
Redes neurais	São sistemas computacionais empregados para tentar imitar o funcionamento do cérebro humano por meio da emulação de uma rede de neurônios interligados;
Modelos de otimização	São técnicas de programação matemática que descobrem os pesos ideais de atributos de credor e tomador que minimizam o erro do credor e maximizam seus lucros;
Sistemas especialistas (ou baseados em regras)	São usados para imitar, de maneira estruturada o processo usado por um analista experiente para chegar a uma decisão de crédito;
Sistemas híbridos utilizando computação, estimativa e simulação diretas	São movidos em parte por uma relação casual direta, cujos parâmetros são determinados por meio de técnicas de estimativa;
<b>DIMENSÃO: Domínio de aplicação</b>	
Aprovação de crédito	Os modelos são usados sozinhos ou em conjunto com um sistema arbitral de superação para aprovação de empréstimos na área de crédito ao consumidor;
Determinação de <i>rating</i> de crédito	Os modelos quantitativos são usados para derivar <i>rating</i> “espelho” para títulos e empréstimos comerciais que não sejam avaliáveis;
Precificação de crédito	Os modelos de risco de crédito podem ser empregados para sugerir os prêmios por risco que devem ser cobrados em vista da probabilidade e do volume da perda, em caso de inadimplência;
Aviso prévio financeiro	Os modelos de crédito podem ser usados para sinalizar problemas em potencial na carteira para facilitar medidas corretivas antecipadas;
Linguagem comum de crédito	Os modelos de crédito podem ser usados para selecionar ativos de um conjunto para construir uma carteira aceitável para investidores ou para atingir uma qualidade de crédito mínima necessária para obter o <i>rating</i> de crédito desejado;
Estratégias de cobrança	Os modelos de crédito podem ser usados para decidir a melhor estratégia de cobrança ou solução.
<b>DIMENSÃO: Produtos a que se aplicam</b>	
Grandes tomadores corporativos	Potencial para maior uso de <i>scoring</i> de crédito, por causa de dados melhores;
Tomadores intermediários de mercado	Baixo uso de modelos de <i>scoring</i> de crédito. Maior ênfase na administração;
Tomadores intermediários e privados	Uso limitado de modelos de <i>scoring</i> de crédito;
Pequenas empresas	Uso moderado de modelos de <i>scoring</i> de crédito;
Residencial e imobiliário	Crescente uso de modelos de <i>scoring</i> de crédito;
Consumidor	Grande uso de <i>scoring</i> de crédito.

Fonte: Adaptado de Caouette, Altman e Narayanan, 1999

### 2.3.3 Métodos Estatísticos que Estimam o Risco de Crédito (Modelos de Credit Scoring)

Para Lewis (1992), a história do *Credit Scoring* é curta. Cita que muitos gestores de crédito buscaram uma maneira de reduzir o processo de análise de crédito a uma fórmula numérica. Todavia, até o surgimento dos computadores, poucos avanços foram feitos na análise de grandes massas de dados.

Uma exceção foi Henry Wells, executivo da *Spiegel Inc.* Durante a Segunda Guerra Mundial ele construiu um sistema de *Credit Scoring* para ser usado quando muitos de seus analistas de crédito se alistaram e foram para a guerra. Neste momento, ele precisou de ferramentas que pudessem ser usadas por analistas inexperientes (LEWIS, 1992).

Com a maior velocidade do desenvolvimento da informática, a partir dos anos 70, a abordagem estatística baseada na pontuação de propostas de crédito ganhou força, no segmento de financiamento ao consumidor, como um dos métodos mais importantes de auxílio à tomada de decisão para grandes volumes de propostas de crédito para pessoas físicas e jurídicas (SANTOS, 2012).

Os modelos tradicionais de *Credit Scoring* consistem na atribuição de pesos estatisticamente predeterminados a atributos dos solicitantes, a fim de gerar um escore de crédito. Ao final, se o escore for favorável, quando comparado a um valor de corte, então a solicitação deve ser aprovada (CAOQUETTE; ALTMAN; NARAYANAN, 1999, p. 182).

Os trabalhos acerca do modelo de *Credit Scoring* tiveram como objetivo avaliar indivíduos, clientes novos ou não, que tiveram suas solicitações de crédito aprovadas. Os especialistas em crédito, com base nos *scores* pré-determinados, revisam o histórico e a qualidade do crédito dos clientes a fim de reduzir a probabilidade de inadimplência (ABDOU; POINTON, 2011) e atribuem aos clientes a classificação de bom ou mau cliente (SICSÚ, 2010).

A pontuação de crédito, ou *Credit Scoring*, é uma ferramenta estatística desenvolvida para que o analista calcule a probabilidade de que determinado cliente venha a tornar-se inadimplente no futuro. Refere-se a um modelo de avaliação de crédito baseado em uma fórmula estatística desenvolvida com base em dados cadastrais, financeiros, patrimoniais e de idoneidade dos clientes (SANTOS, 2012).

O autor detalha como se dá a montagem da fórmula nessa metodologia:

Para a montagem da fórmula, cada credor deve selecionar as principais informações cadastrais de seus clientes e, em seguida, atribuir-lhe pesos ou ponderações, de acordo com a importância para a análise de crédito. O resultado final será uma fórmula ou um sistema de pontuação que possibilitará o cálculo de valores que serão interpretados de acordo com a classificação de risco adotada por cada credor. Essa classificação de risco dar-se-á por escalas numéricas, as quais recomendarão a aprovação das propostas de crédito ou a recusa a elas (SANTOS, 2012, p. 192).

As informações que serão utilizadas no modelo, podendo ser cadastrais, financeiras, patrimoniais, e de idoneidade, e receberem pesos ou ponderações, são conhecidas matematicamente por variáveis. Essas variáveis podem ser sistêmicas, aquelas que compreendem a ocorrência de fatores externos, não controláveis, que afetam a renda e a capacidade de pagamento das pessoas físicas e empresas, e não-sistêmicas, quando se referem a causas específicas da pessoa, como aspectos demográficos, idoneidade, capacidade financeira, relacionamento bancário, e outros (SANTOS; FAMÁ, 2007).

A eficácia de um modelo de *Credit Scoring* depende da disponibilidade das informações utilizadas para avaliar os riscos dos clientes e das operações. A correta escolha dessas informações é o aspecto mais relevante para a obtenção de um bom modelo (SICSÚ, 2010). Quanto maior o tamanho da amostra, melhor a precisão do modelo de pontuação.

Caouette, Altman e Narayanan (1999), destacam alguns pontos positivos dos modelos de *Credit Scoring*:

- São objetivos e consistentes, características desejáveis para qualquer instituição, e especialmente aquelas que não possuem forte cultura de crédito;

- Se desenvolvidos apropriadamente, eles podem eliminar práticas discriminatórias nos empréstimos;
- Eles tendem a ser relativamente inexpressivos financeiramente, simples e de fácil interpretação;
- A instalação de tais modelos é relativamente fácil;
- As metodologias usadas para construir esses modelos são comuns e bem entendidas, assim como as abordagens usadas para estatística;
- Uma instituição é capaz de proporcionar melhor serviço ao consumidor pela sua habilidade de aprovar ou negar um pedido de empréstimo rapidamente.

No entanto, os autores citam alguns defeitos apresentados por esses modelos, na maior parte dos casos:

- Automatizam as práticas de crédito prevalecentes nos bancos. Em outras palavras, eles pouco ajudam a eliminar as distorções históricas de seleção de uma instituição;
- Se as variáveis não satisfazem presunções subjacentes, como a distribuição normal multivariada, a validade estatística dos modelos pode ser questionável;
- É muito comum os testes estatísticos usados para ajustar esses modelos serem fracos e confundirem o usuário, superestimando sua eficácia.

De acordo com Resende (2014), as instituições financeiras têm utilizado os modelos de *Credit Scoring* com sucesso por quase 20 anos para tomar decisões sobre concessões de crédito ao consumidor, seja na forma de linhas de crédito pessoal, financiamento e cartões de crédito.

Vale destacar que, uma vez que a instituição financeira decida por utilizar um modelo de *Credit Scoring*, ela terá que decidir por um que seja genérico ou um customizado, sendo que este último, ainda que possua um custo mais elevado, tem, normalmente, performance superior. Isso se dá porque a população sobre a qual o modelo genérico é desenvolvido pode diferir da população real da instituição (MAGALHÃES; BARROS; MÁRIO, 2010).

Da análise dos determinantes na construção de Modelos *Credit Scoring*, parece não haver um modelo ideal, incluindo variáveis ou o número de variáveis, o ponto de corte,



tamanho exato da amostra, aplicação a diferentes instituições em diferentes ambientes (ABDOU; POINTON, 2011; RESENDE, 2014).

Existem vários métodos estatísticos usados para o desenvolvimento de *Credit Scoring*, como citado por Couette, Altman e Narayanan (1999) e Saunders (2000), entretanto, neste trabalho, serão apresentadas a Análise Discriminante, a Regressão Logística e as Redes Neurais Artificiais. De acordo com a literatura pesquisada, estes são os métodos mais comumente utilizados para o tipo de problema apresentado.

A seguir, apresentar-se-á alguns estudos brasileiros sobre modelos de *Credit Scoring*, separados pelo método estatístico: Análise Discriminante; Regressão Logística; e Redes Neurais.

Santos e Famá (2007) propuseram um modelo de *Credit Scoring*, considerando uma carteira de crédito de pessoas físicas de um importante Banco Comercial privado nacional de médio porte. Dentre os objetivos apresentados, além da proposição do modelo, estava detalhar os processos de análise subjetiva e objetiva de crédito realizada pelos principais Bancos privados nacionais, abordar a função seletiva das taxas de juros em créditos rotativos, destacar as principais características dos modelos de *Credit Scoring*. Os resultados sugerem índice de acerto satisfatório na identificação de clientes prospectivos (96%) e não prospectivos (92%).

Dutra (2008) propôs uma metodologia alternativa à linha tradicional de *Credit Scoring*, capaz de atender aos administradores com perfis agressivos ou conservadores, conforme a disposição para correr mais ou menos riscos. Por meio da utilização da Análise Discriminante, os resultados indicam que o modelo seria capaz de classificar corretamente uma proporção bastante elevada das operações de crédito submetidas à análise. Entretanto, o autor ressalta que, apesar do resultado final de 83,5% de acerto, a ocorrência de 36,07% de clientes “intermediários” classificados como “bons”, pode ser considerado um percentual bastante elevado, e sugere o desenvolvimento de mecanismos capazes de reduzir ainda mais esses erros de classificação.

Gonçalves (2005) e Gonçalves, Gouvêa e Mantovani (2013), analisaram o risco de inadimplência de uma amostra disponibilizada por uma grande instituição financeira

brasileira, por meio do desenvolvimento de três modelos, utilizando Regressão Logística, Redes Neurais e Algoritmos Genéticos. Após a avaliação e comparação da qualidade e performance dos modelos desenvolvidos, o percentual de acerto total para a amostra de teste foi de 68,3%, 67,7% e 66,5% para Regressão Logística, Redes Neurais e Algoritmos Genéticos, respectivamente.

Cheregati (2008) utilizou Regressão Logística e Análise de Sobrevivência, a partir de uma amostra de empréstimos concedidos de uma carteira de crédito rotativo, tais como hábitos de pagamentos, variáveis cadastrais de perfil e comportamentais dos tomadores de crédito, para selecionar variáveis com relevância estatística para a classificação dos bons e maus pagadores e tempo estimado até o default. Das 60 variáveis independentes originalmente obtidas, 9 foram excluídas por apresentarem somente uma categoria e outras 6 também foram excluídas por possuírem alto grau de correlação com outras variáveis explicativas, restando 45 potenciais variáveis preditoras aos modelos. Os resultados demonstraram que é possível identificar antecipadamente o tempo esperado e a probabilidade de inadimplência dos tomadores de crédito, constituindo instrumentos de relevância considerável nas decisões sobre políticas de concessão de crédito nas instituições financeiras.

Araújo e Carmona (2007) propuseram a aplicação de modelos *Credit Scoring* em uma instituição de microcrédito. Foram coletados dados relativos a uma amostra de clientes, e estes dados foram utilizados para desenvolver o modelo de *Credit Scoring*, por meio da Regressão Logística. A classificação correta de cerca de 80% dos clientes, indicam o desempenho satisfatório do modelo na prevenção e redução da inadimplência e na diminuição dos custos operacionais da instituição estudada.

Francisco (2006) analisou modelos de avaliação de crédito, como *Credit Scoring* e *Credit Bureau*, nos quais, por meio de técnicas estatísticas como a Análise Discriminante e Regressão Logística, demonstrou-se as características de créditos considerados de maior risco de inadimplência. Os dados foram divididos em dois grupos, sendo melhor cliente (inadimplência até 90 dias) e pior cliente (inadimplência após 90 dias). Mediante a pesquisa, concluiu-se que as variáveis mais relevantes para identificar o risco de inadimplência foram a renda bruta mensal do cooperado, aliado ao montante de crédito concedido dentro de sua capacidade de pagamento.

Resende (2014) buscou desenvolver um modelo para avaliação de risco de cooperados das cooperativas de crédito, considerando as etapas de elaboração de um modelo de *Credit Scoring* e utilizando o modelo de Regressão Logística. Das 38 variáveis independentes disponíveis e testadas no modelo foram incluídas 7 além da constante. Após testes de validação, o modelo escolhido apresentou uma discriminação aceitável, próxima de uma boa discriminação.

Lima *et. al.* (2009) apresentaram uma aplicação de Redes Neurais para a identificação de bons e maus pagadores em operações de crédito ao consumidor. A melhor rede propiciou 79%, 71% e 85% de acertos sobre o perfil de pagamento em cada uma das fases de treinamento, validação e teste, respectivamente. Os resultados, tendo em vista que foi levado em consideração na pesquisa 10 variáveis de entrada, sugerem que as redes neurais podem representar uma promissora técnica para a análise de concessão de crédito ao consumidor.

Gozer *et. al.* (2014) objetivaram diagnosticar o estado de insolvência das cooperativas de crédito mútuo do Estado do Paraná, por meio da construção de um modelo matemático baseado em Redes Neurais Artificiais. A partir de uma amostra composta por 62 cooperativas de crédito mútuo (31 solventes e 31 insolventes) utilizam algoritmos de redes neurais com modelagem para 27, 10 e 11 indicadores, que retornou como resultado o grupo de 27 indicadores por ter apresentado melhor desempenho em relação às demais redes construídas.

Com foco no risco de crédito do agronegócio, mais especificamente no risco da carteira de crédito, Stuchi (2010) apresenta as principais metodologias de quantificação do risco de crédito como *Credit Metrics*, *KMV*, *Credit Portfolio View* e *CreditRisk+*. O autor aplicou a metodologia *CreditRisk+* juntamente com o conceito de *RAROC (Risk Adjusted Return on Capital)*, a um portfólio de financiamentos rurais e agroindustriais à pessoa jurídica, evidenciando o capital econômico alocado – CEA – e o *spread* necessário para cobrir perdas esperadas e inesperadas. Após a construção de dois cenários com diferentes índices de inadimplência associadas a cada classificação observou-se como resultado que ocorre uma maior alocação de capital econômico para setores rurais e agroindustriais que possuem risco concentrado,

como o setor de fumo, e que os menores *spreads* ocorrem nos setores de industrialização, como na indústria de cigarros, laticínios, soja e derivados, e resina de fibras e fios sintéticos.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo serão abordados o tipo de pesquisa; o instrumento para coleta de dados; o planejamento do modelo de *Credit Scoring* e a definição das variáveis.

#### 3.1 Tipo de Pesquisa

Primeiramente, esta pesquisa classifica-se como descritiva, visto que tem o objetivo de descrever as características de determinada população ou fenômeno (GIL, 2008). Mais detalhadamente, esta pesquisa se propõe a explicar problemas, fatos ou fenômenos da vida real, com a precisão possível, observando e fazendo relações, conexões, sob o prisma da influência que o ambiente exerce sobre eles (MICHEL, 2009).

Em seguida, esta pesquisa se caracteriza como quantitativa. Conforme Michel (2009), inicialmente, será utilizada a quantificação tanto das modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento dessas, por meio de técnicas estatísticas e, posteriormente, buscar-se-á pela interpretação da realidade, com base na teoria existente, dar significado às respostas.

Para Fachin (2008), o estudo de caso tem como característica ser um estudo intensivo, que considera, principalmente, a compreensão, como um todo, sendo investigados todos os aspectos que cercam o caso em estudo. Além disso, segundo Mattar (1997), o objetivo desse método pode ser um indivíduo, ou um grupo de indivíduos, uma organização, um grupo de organizações ou uma situação. Considerado um método de pesquisa exploratória, seu objetivo é o de possibilitar a ampliação dos conhecimentos sobre o problema em estudo.

Para o desenvolvimento do Estudo de Caso, buscou-se na Instituição todas as informações necessárias, através de observação participante indireta, para compreender melhor a Política de Crédito adotada pela instituição, bem como as

etapas do processo de avaliação e concessão de crédito aos seus clientes. A partir da análise dos dados, o objetivo do estudo tem como proposta metodológica desenvolver um modelo para avaliação do risco de crédito voltado para o segmento de Crédito Rural para Pessoas Físicas (PF), mediante a avaliação de 702 operações de crédito rural contratadas por pessoas físicas, que se encontravam liquidadas ou com atraso superior a 90 dias, em fevereiro de 2015, e identificação das principais causas da inadimplência, relacionando-as e estabelecendo características comuns.

### ***3.2 Instrumento para Coleta de Dados – Base de Dados***

Para o desenvolvimento deste trabalho utilizou-se uma amostra de 702 contratos, sendo 351 contratos liquidados dentro do prazo contratual, ou adimplidos, e 351 contratos inadimplidos (com atraso superior a 90 dias) a partir da base de dados disponibilizada pela Instituição Financeira, que, em 23/02/2015, contava com 6.734 contratos, dos quais 6.030 contratos estavam adimplidos e 704 contratos estavam inadimplidos.

Para os dados qualitativos, utilizou-se a análise indireta, por meio da análise documental, pois se trata da obtenção de dados realizada indiretamente, ou seja, de documentos gerados pela própria instituição. Desta forma, de acordo com Michel (2009), são considerados dados secundários.

Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado, como material documental, o Manual de Crédito Rural (MCR), que codifica as normas aprovadas pelo Conselho Monetário Nacional (CMN), e aquelas divulgadas pelo Banco Central do Brasil - BACEN, relativas ao crédito rural, às quais devem subordinar-se os beneficiários e as instituições financeiras que operam no Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), sem prejuízo da observância da regulamentação e da legislação aplicáveis.

### **3.3 Objetivo e Finalidade do Modelo de Credit Scoring**

O modelo proposto de *Credit Scoring* teve como foco mensurar a significância de variáveis relacionadas ao agronegócio, na avaliação do risco de crédito de operações do segmento de Crédito Rural para pessoas físicas, comparativamente, com as variáveis já utilizadas pela Instituição, propondo um novo modelo de avaliação.

Não foram identificados, na literatura pesquisada, trabalhos cujo objetivo foi propor variáveis independentes específicas para o segmento de crédito rural para pessoas físicas.

A opção de não trabalhar com o segmento de Crédito Rural para Pessoa Jurídica (PJ), decorreu da informação de que a Instituição adota uma análise fundamentalista para a avaliação destas operações. Na definição da própria instituição, uma análise fundamentalista é uma forma de mensurar e classificar o risco do tomador de crédito ou da operação de crédito, que não pode ser representada por um modelo matemático formal com atributos ponderados de forma padronizada. Caracteriza-se, ainda, por avaliações qualitativas e quantitativas baseadas na experiência do analista, e referenciadas em manuais internos de procedimentos operacionais.

Todavia, dado o maior número de avaliações solicitadas diariamente para o segmento de Crédito Rural para Pessoa Física, faz-se necessário uma ferramenta, que se baseie em um modelo matemático, de forma a se possibilitar analisar um maior volume de solicitações.

### **3.4 Planejamento e Definições do Modelo de Credit Scoring**

Os modelos de *Credit Scoring* são baseados em dados históricos de clientes e operações e utilizados para auxiliar a decisão ou avaliação de um cliente futuro, acerca do produto investigado, ou seja, avaliar se um possível cliente poderá tornar-se inadimplente junto à instituição concessora do crédito.

Considerando que as primeiras etapas do desenvolvimento de modelos de *Credit Scoring* são fundamentais para o sucesso do modelo, este trabalho buscou seguir as etapas de desenvolvimento apresentadas por Gonçalves, Gouvêa e Mantovani (2013), que entende ser preciso especificar, inicialmente: definição contratos adimplidos e inadimplidos, relacionado ao conceito de inadimplência; seleção da amostra representativa da base histórica de contratos; preparação da base de dados e variáveis utilizadas no modelo e apresentação da análise descritiva.

O objetivo do modelo de *Credit Scoring* é prever, na data da decisão do crédito, a probabilidade de que o mesmo, se concedido, incorra em perda para a instituição. Para Sicsú (2010), a definição operacional do que seja perda é, possivelmente, a mais complexa e controversa no desenvolvimento deste tipo de modelo.

O Novo Acordo de Basiléia, conforme o BIS (2014), em seu §452, considera inadimplência quando o tomador está em atraso há mais de 90 dias em qualquer obrigação material de crédito junto ao grupo bancário. Segundo Resende (2014), os Bancos Comerciais, por serem as principais instituições financeiras da sociedade, podem trabalhar com prazos a partir de 90 dias, pois têm a seu favor um número expressivo de clientes, taxas elevadas de crédito, além de um portfólio de produtos e serviços, que juntos compõem suas receitas.

Desta forma, a base de dados disponibilizada pela Instituição Financeira apresentou as seguintes informações históricas: 6.030 contratos do segmento Crédito Rural PF adimplidos, entre fevereiro de 2014 e fevereiro de 2015, e 704 contratos inadimplidos, ou seja, cujos tomadores não efetuaram o pagamento das obrigações após 90 dias do vencimento, estando inadimplentes em fevereiro de 2015, totalizando 6.734 contratos. Assim, na base disponibilizada, a proporção de contratos adimplidos é de 89,5% versus 10,5% inadimplidos. Para a definição do modelo, partiu-se da avaliação desses dois grupos distintos (adimplidos e inadimplidos).

Para os grupos de adimplidos e inadimplidos, Gonçalves, Gouvêa e Mantovani (2013) ressaltam a importância, na seleção da amostra representativa da base histórica, de a base de dados ter o mesmo tamanho, em determinada modalidade, a fim de se



evitar possível viés. Assim, de acordo com os autores, não existe um número fixo para a amostra.

De acordo com Resende (2014), em um processo de construção do modelo de *Credit Scoring*, o procedimento consiste em separar a base de dados em duas amostras. Uma para definir os parâmetros do modelo, chamada de Calibração e outra para validar o modelo construído, conhecida por Validação. Na literatura consultada não foi encontrada uma regra rígida que defina a proporção ideal nessa divisão da amostra. Há opções que trabalham na proporção de 60%-40% ou 75%-25% (HAIR JR *et. al.*, 2009), 80%-20% (GEVERT, 2009) ou 50%-50% (GONÇALVES; GOUVÊA; MANTOVANI, 2013), respectivamente.

Em razão do elevado número de variáveis qualitativas, algumas com poucas observações em cada categoria, utilizou-se toda a amostra selecionada inicialmente, composta por 500 registros, na etapa de Calibração. Desta forma, constituiu-se uma amostra adicional, formada por outros 202 registros, com a finalidade de Validação. Assim, a proporção foi aproximadamente 70%-30%, para as etapas de Calibração e Validação, respectivamente.

### **3.4.1 Preparação da base e variáveis utilizadas no modelo**

A amostra foi devidamente preparada para a aplicação e estimação do modelo do risco. Em todas as variáveis disponibilizadas, foi avaliada, também, a presença de dados ausentes ou discrepantes.

Para os dados discrepantes, observou-se que algumas variáveis em sua forma original apresentavam dados que distorciam dos demais. Para não descartar esta informação e reduzir a base de dados, foram buscadas alternativas para tratar os dados. Optou-se por um ajuste semelhante ao realizado por Resende (2014) que, para os valores registrados na base de dados com informação de superioridade (ou distância) dos outros valores, foi fixado um valor máximo com base na distribuição das frequências dos valores. Dessa forma, foram substituídos os maiores valores, que

representavam dados discrepantes, pelo segundo valor da variável. Apenas duas variáveis receberam esse tratamento: Renda Bruta Mensal e Renda Líquida Mensal.

Para ambas as variáveis, observou-se inicialmente o valor máximo de R\$1.639.676,15 para um contrato. O processo escolhido para minimizar o efeito desses dados discrepantes foi fixar um valor mais próximo aos demais, permanecendo com a informação de que esse dado é diferente dos outros. Observou-se na base de dados que o segundo maior valor registrado era R\$298.217,90. Assim, os valores de R\$1.639.676,15 foram substituídos por R\$299.000,00.

A fim de auxiliar a interpretação do modelo, o procedimento foi reorganizar algumas variáveis categóricas, não estendendo este procedimento para as variáveis contínuas. O critério adotado para a categorização foi a observação da distribuição de frequência da cada variável, uma vez que não fazia sentido criar uma categoria que apresentasse, por exemplo, menos de 4% dos registros.

As variáveis analisadas foram divididas em sociodemográficas e específicas.

As variáveis sociodemográficas disponibilizadas pela base de dados e consideradas para o desenvolvimento do trabalho estão representadas no QUADRO 3.

QUADRO 3 - Variáveis Sociodemográficas

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Justificativa</b>
IDADE	Idade do cliente.	Variáveis utilizadas pela Instituição Financeira para a avaliação de risco de crédito do tomador, com variáveis similares analisadas no trabalho de Resende (2014).
SEXO	Sexo do cliente (masculino ou feminino).	
EST_CIVIL	Estado civil do cliente (casado, divorciado/separado, solteiro, viúvo ou outros).	
GRAU_INSTRUCAO	Grau de instrução do cliente (analfabeto, ensino fundamental completo, ensino médio completo, curso superior/pós-graduação).	
IMOVEIS	Se o cliente possui, ou não, algum imóvel.	
VEICULOS	Se o cliente possui, ou não, algum veículo.	
REGIAO	Região onde se localiza a Unidade da Federação onde o cliente aplicará os recursos (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste ou Sul).	
RENDA_BRUTA	Salário bruto mensal do cliente.	
RENDA_LIQUIDA	Salário líquido mensal do cliente.	
OCUPACAO_PRINCIPAL	Ocupação principal do cliente (empregado, conta-própria, empregador, trabalhador não remunerado ou outros).	
OCUPACAO_NAO_COMPROVADA	Ocupação não comprovada, declarada pelo cliente (sim ou não).	
RELACIONAMENTO_COM_OUTRA_IF	Se o cliente possui, ou não, relacionamento com outra Instituição Financeira.	

Fonte: Elaborado pelo autor

A variável IDADE foi gerada através da variável data de nascimento, permanecendo como uma variável contínua.

Para a variável EST\_CIVIL, foram agrupados dados cadastrais semelhantes como “casado com comunhão parcial de bens”, “casado com comunhão total de bens” e “casado com separação de bens”, formando o grupo “casado”.

Já para a variável GRAU\_INSTRUÇÃO, diferentemente dos dados observados, em que constavam graus de instrução como “ensino fundamental incompleto”, “ensino médio incompleto”, foram reagrupados para o nível completo imediatamente anterior. Outro ajuste foi aglutinar em “superior/pós-graduação” os dados cadastrais “superior completo”, “especialização”, “mestrado” e “doutorado”, a fim de se reduzir os grupos com poucos, ou nenhum, registro.

Pela mesma razão anterior foi criada a variável REGIAO, onde as Unidades da Federação foram agrupadas de acordo com a divisão regional, sendo: “Norte”; “Nordeste”; “Centro-Oeste”; “Sudeste”; “Sul”.

Em razão do elevado número de classes observadas para a variável OCUPACAO\_PRINCIPAL, trinta no total, muitas delas com apenas um registro, adaptou-se o modelo proposto pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), conhecido como Classificação Nacional de Posição na Ocupação, derivado do modelo apresentado pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), mantendo as seguintes classes: Empregado; Conta-Própria; Empregador; Trabalhador não remunerado; Outros.

Por fim, e com a mesma justificativa, reagrupamos as diversas classes registradas para variável OCUPACAO\_NAO\_COMPROVADA em apenas duas: “sim”, quando foi declarada uma ocupação não comprovada; e “não”, quando não declarada ocupação não comprovada.

Além dos dados dos clientes considerados e disponibilizados pela Instituição Financeira, foram acrescentados dados da operação contratada, dentro do segmento Crédito Rural PF, e novos dados propostos, como parte os objetivos específicos deste trabalho, que se dividem em outras seis variáveis relacionadas ao agronegócio.

As variáveis específicas acrescentadas à base de dados para o desenvolvimento do trabalho estão representadas no QUADRO 4.

QUADRO 4 - Variáveis Específicas

<b>Código</b>	<b>Descrição</b>	<b>Justificativa</b>
LINHA_CREDITO	Linha de crédito pretendida pelo cliente.	De acordo com Santos (2012), Martins (2009) e Spolador (2001), entre as particularidades do agronegócio, estão os fatores climáticos, elevado tempo de retorno do investimento de algumas culturas, dificuldade de comercialização pela alta perecibilidade dos produtos, à volatilidade do preço de recebimento do produto e custos de transação elevados. Assim, as variáveis apresentadas têm como propósito mensurar o impacto destas peculiaridades na avaliação do risco de crédito do tomador de crédito rural PF.
PRAZO_CONTRATO	Prazo do contrato, em dias, pretendido pelo cliente.	
VALOR_CONTRATO	Valor do contrato pretendido pelo cliente.	
ATIVIDADE	Atividade desenvolvida pelo cliente.	
PRODUTO	Produto a ser produzido pelo cliente.	
PROJECAO_PRODUCAO	Projeção da variação da produção para o ano seguinte, conforme o MAPA.	
PROJECAO_EXPORTACAO	Projeção da variação das exportações, por produto, para o ano seguinte, conforme o MAPA.	
PROJECAO_CONSUMO	Projeção da variação do consumo, por produto, para o ano seguinte, conforme o MAPA.	
EVOLUCAO_HIST_PRODUCAO	Variação histórica da produção, a partir de 1998, calculada pelo IBGE.	
VARIACAO_HIST_VBP	Variação histórica do Valor Bruto da Produção, a partir de 2000, calculada por: IBGE, FGV, Conab e Cepea/Esalq/USP.	
PRECIPITACAO_HIST	Índice pluviométrico médio mensal, em milímetros, a partir de 1961, calculado pelo INMET.	

Fonte: elaborado pelo autor

As variáveis classificadas como específicas possuem a característica comum de estarem relacionadas ao agronegócio, ou à operação de crédito do segmento de Crédito Rural PF solicitada pelo cliente.

Segundo dados da Instituição Financeira estudada, 68% das operações do segmento Crédito Rural PF de sua carteira, tem por finalidade o Custeio, 21% Investimento e 11% Comercialização.

Desta forma, considerando o grande percentual de operações na finalidade Custeio, os dados da variável LINHA\_CREDITO foram subdivididos em: Crédito Rural – Custeio Agrícola PF; Crédito Rural – Custeio Pecuária PF; Crédito Rural – Custeio Pecuária PF – Semiárido; e Outros. Evitando-se assim, a manutenção de grupos com poucas, ou nenhuma, ocorrência.

De acordo com o portfólio de produtos da Instituição Financeira os produtos se destinam às pessoas físicas e tem como finalidade:

- Crédito Rural – Custeio Agrícola PF: tem como finalidade o custeio agrícola nas culturas de algodão herbáceo, alho, amendoim, arroz, café, cana-de-açúcar, cenoura, eucalipto, feijão comum, girassol, laranja, maçã, mandioca, milho, soja, sorgo, tomate, trigo e uva-americana;
- Crédito Rural – Custeio Pecuária PF: tem como finalidade o custeio pecuário na atividade de bovinocultura de leite e de corte, suinocultura, avicultura (frangos e ovos), caprinocultura de corte e de leite e ovinocultura de corte;
- Crédito Rural – Custeio Pecuária PF – Semiárido: tem as mesmas finalidades do Crédito Rural – Custeio Pecuária PF, porém, é destinado àquelas pessoas físicas que se enquadram no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – Pronaf -, focado na sustentabilidade dos agroecossistemas do Semiárido, oferecendo como benefício uma taxa de juros anual inferior às demais.

As atividades financiadas pela Instituição Financeira estudada são: Agrícola, com 59% do total das operações contratadas, e Pecuária, com os 41% restantes. Por esta razão, a variável ATIVIDADE foi subdividida em Agrícola e Pecuária.

Dentre as atividades citadas, foram identificados contratos para financiamento de produtos como Arroz, Aves, Bovinos (Carne e Leite), Milho, Soja, e Trigo. A fim de se evitar a manutenção de grupos com poucas, ou nenhuma ocorrência, os dados da variável PRODUTO foram agrupados em Grãos, Carne e Leite.

Vale ressaltar que as variáveis PRAZO\_CONTRATO e VALOR\_CONTRATO foram classificadas como específicas e separadas das sociodemográficas em razão da importância que ganharam, quando da delimitação das operações de crédito que constam da base de dados disponibilizadas. Essas operações de crédito possuem amortização única, com período de carência elevado, superior a um ano, o que eleva o risco de crédito da operação, e reforça a necessidade de um modelo de *Credit Scoring* com melhor acurácia.

Por outro lado, as outras variáveis, descritas a seguir, foram apresentadas neste trabalho, com o intuito de estudar o impacto destas novas variáveis no modelo proposto, sempre buscando otimizar a identificação entre clientes que podem ser adimplentes ou inadimplentes.

As variáveis PROJEÇÃO\_PRODUÇÃO, PROJEÇÃO\_CONSUMO e PROJEÇÃO\_EXPORTAÇÃO, dizem respeito à variação percentual, por produto, da produção, consumo e exportação, respectivamente, para o ano seguinte, conforme dados calculados e disponibilizados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento.

Já a variável EVOLUCAO\_HIST\_PRODUCAO representa a variação histórica percentual, calculada a partir de 1998, por produto, e informada pelo IBGE.

A variável VARIACAO\_HIST\_VBP, indica a variação histórica percentual do Valor Bruto da Produção, calculado com base no preço médio anual recebido pelos produtores, a partir de 2000, apresentado por IBGE, Fundação Getúlio Vargas (FGV), Companhia Nacional de Abastecimento (Conab) e Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea/Esalq/USP).

Por fim, a variável PRECIPITACAO\_HIST, apresenta o índice pluviométrico mensal, em milímetros (mm), por Unidade da Federação, a partir de 1961, calculada pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

### **3.4.2 Análise descritiva**

Com o intuito de analisar o comportamento das variáveis, foram empregadas técnicas exploratórias em todas as variáveis da amostra. Iniciou-se o estudo apresentando a frequência das variáveis categóricas em relação à variável resposta do estudo (Adimplente ou Inadimplente), enquadradas em Sociodemográficas e Específicas.

Complementarmente, foram utilizadas três medidas de Tendência Central, Média, Mediana e Desvio-Padrão, para analisar as variáveis contínuas, que, neste estudo, são Idade; Renda bruta mensal, Renda líquida mensal; Prazo do contrato; Valor do contrato; Precipitação histórica.

A Média foi utilizada para análise de dados isolados, visto que possui como propriedade ser um ponto de equilíbrio dos dados. Devido à discrepância da variável renda bruta mensal, decidiu-se utilizar, também, a Mediana para identificar o valor central entre as duas metades dessa amostra. Já como medida de Variação, optou-se por utilizar o desvio-padrão, que representa a variação de valores em relação à média (TRIOLA, 1999).

Em seguida, a fim de verificar se a amostra apresenta uma distribuição normal, aplicou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov. Este teste compara escores de uma amostra a uma distribuição normal modelo de mesma média e variância dos valores encontrados na amostra. Se o teste é não-significativo ( $p > 0,05$ ), ele nos informa que os dados da amostra não diferem significativamente de uma distribuição normal. Todavia, se o teste é significativo ( $p < 0,05$ ), a distribuição em questão é significativamente diferente de uma distribuição normal, ou seja, ela é não-normal (FIELD, 2009).

Na equação logística, cada variável previsor tem seu próprio coeficiente. Quando a análise é executada, é preciso estimar valores desses coeficientes para que seja possível utilizar a equação. Entretanto, para isso, um dos pontos a se observar na aplicação da regressão logística é a ausência de multicolinearidade entre as variáveis a serem usadas no modelo (RESENDE, 2014). Para Hair Jr *et. al.* (2009), o impacto da multicolinearidade é a redução do poder preditivo de qualquer variável independente na medida em que ela é associada com outras variáveis independentes.

Para a verificação da existência ou não de multicolinearidade entre as variáveis analisadas, efetuou-se a matriz de correlação de *Spearman*, considerada ideal para variáveis que não seguem o pressuposto da normalidade (RESENDE, 2014), com os resultados apresentados no Apêndice A.



### 3.4.3 Definição da técnica para elaboração do modelo

Para análise dos dados, recorreu-se a técnicas estatísticas que permitiram melhor visualização das características gerais das variáveis estudadas. Além disso, com o objetivo de desenvolver um modelo de *Credit Scoring*, foi utilizada a análise estatística Regressão Logística. Todas as análises estatísticas foram executadas no *software IBM SPSS Statistic for Windows*, versão 22.0.

A Regressão Logística é uma técnica muito utilizada para o desenvolvimento de modelos estatísticos, de acordo com Hair Jr *et. al.* (2009). Esta técnica apresenta a vantagem de não exigir os pressupostos normalmente requisitados por outros métodos, como Análise Discriminante. Pode ser definida, também, como uma técnica estatística utilizada na divisão de dois grupos, que visa obter a probabilidade de que uma observação pertença a um conjunto determinado, em razão do comportamento das variáveis independentes (HAIR JR *et. al.*, 2009). Ela é usualmente aplicada em análise de dados com resposta binária ou dicotômica e consiste em relacionar, através de um modelo, a variável resposta (variável dependente binária) com fatores que influenciam, ou não, a probabilidade de ocorrência de determinado evento (variáveis independentes).

Desta forma, na Regressão Logística, a variável dependente, uma vez que possui caráter não métrico, é incluída através do uso de variáveis *dummy* (dicotômica ou binária), que assume valor 0 para indicar a ausência de um atributo e 1 para indicar a presença de um atributo (HAIR JR *et. al.*, 2009).

Na aplicação, a técnica de Regressão Logística é utilizada para a avaliação da inadimplência de determinado grupo de clientes em situações relativas à concessão de crédito, assumindo que a probabilidade de inadimplência é distribuída na forma logit (senoidal), com resultado binomial 0 ou 1 (RESENDE, 2014).

Segundo Sicsú (2010), a escolha da Regressão Logística ocorre porque se acredita que esta técnica seja mais adequada para operacionalizar (implantar e administrar), tornando a avaliação do gestor de crédito, que muitas vezes não apresenta

conhecimento de *Microsoft Excel* e estatística, mais coerente. A forma exata da equação para Regressão Logística pode ser arranjada de várias maneiras, mas a versão escolhida foi na forma de probabilidade, como em Field (2009). Assim, matematicamente, a probabilidade de inadimplência de cada cliente foi calculada pela seguinte equação:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-A}}$$

Sendo que:

$P$  = probabilidade de um determinado indivíduo ser inadimplente

$e$  = número de Euler = 2,71

$A$  = representa uma função linear, conforme demonstrada a seguir:

$$A = \beta_0 + \beta_1 VAR1 + \beta_2 VAR2 + \beta_3 VAR3 + \dots + \beta_n VARn$$

O QUADRO 5 apresenta de forma resumida o relacionamento esperado entre variáveis independentes e a variável dependente presentes no estudo.

Para as variáveis independentes: Sexo; Estado Civil; Região; Ocupação Principal; Linha de Crédito; Atividade; e Produto; não havia pressuposto quanto seu impacto, positivo ou negativo, na determinação da variável dependente.

QUADRO 5 - Relacionamento Esperado entre Variáveis Independentes e a Variável Dependente

Variável Independente	Relacionamento
IDADE	Impacto negativo (espera-se que quanto maior o valor destas variáveis, menor será a probabilidade de inadimplência).
GRAU_INSTRUCAO	
IMOVEIS	
VEICULOS	
RENDA_BRUTA	
RENDA_LIQUIDA	
OCUPACAO_NAO_COMPROVADA	
RELACIONAMENTO_COM_OUTRA_IF	
PROJECAO_PRODUCAO	
PROJECAO_EXPORTACAO	
PROJECAO_CONSUMO	
EVOLUCAO_HIST_PRODUCAO	
PRECIPITACAO_HIST	
PRAZO_CONTRATO	Impacto positivo (espera-se que quanto maior o valor destas variáveis, maior será a probabilidade de inadimplência).
VALOR_CONTRATO	
VARIACAO_HIST_VBP	

Fonte: Elaborado pelo autor

Na equação logística cada variável previsora tem seu próprio coeficiente. Quando é executada a análise é preciso estimar os valores desses coeficientes para que seja possível aplicar a equação. Mas, para isso, um dos pontos a se observar na aplicação da Regressão Logística é a ausência de multicolinearidade entre as variáveis a serem usadas no modelo (RESENDE, 2014).

#### 3.4.4 Desenvolvimento do modelo para avaliação do risco

A definição do melhor modelo parte da estimativa dos parâmetros, seguida da definição das variáveis que farão parte do modelo, encerrando com a análise da significância da equação encontrada. As etapas seguintes consistem em testar a qualidade do modelo, bem como testar sua qualidade preditiva.

Um método bastante utilizado para estimação de parâmetros em inferência estatística é o de Máxima Verossimilhança – MV (MINGOTI, 2013). Esse modelo seleciona os coeficientes que tornam os valores observados mais prováveis de terem ocorrido (FIELD, 2009). Os valores estimados serão aqueles que maximizarão esta função e que são obtidos derivando-a, em relação a cada parâmetro encontrado, depois se igualando as expressões finais a zero.

Para Field (2009), no SPSS, não se relata o valor da verossimilhança-log - VL, e sim, multiplica-se o valor por -2, eventualmente, chamado -2VL, que é o -2 verossimilhança-log. Essa multiplicação é realizada visto que -2VL tem uma distribuição aproximadamente qui-quadrado e, assim, é possível comparar os seus valores contra aqueles que esperavam-se que fossem obtidos apenas por acaso.

Segundo Hair Jr *et al* (2009), o valor mínimo para -2VL é zero, o que corresponde a um ajuste perfeito, VL = 1, sendo assim -2VL = 0. Logo, quanto menor o valor -2VL, melhor o ajuste do modelo.

Como forma de escolher as variáveis mais significativas para a discriminação no modelo, é recomendada a utilização na regressão logística de um dos métodos: *Forward*, *Backward* ou *Stepwise*. (RESENDE, 2014).

Este estudo empregou o método *Forward*, o qual segundo Hair Jr *et. al.* (2009) é um método de seleção de variáveis para a inclusão no modelo de regressão, que começa sem qualquer variável no modelo e então acrescenta variáveis com base em sua contribuição na previsão.

Gonçalves (2005) reforça a definição apresentada, e destaca que a variável incluída deve apresentar nível de significância para o escore estatística, desde que seja menor do que um valor de remoção (*cutoff*). Neste estudo optou-se pela utilização de um *cutoff* de 0,05, pois, para este valor o modelo apresentou melhor sensibilidade dos dados.

Segundo Resende (2014), as etapas continuam até que nenhuma outra variável seja elegível à entrada no modelo. Foram realizadas diversas simulações até se obter o modelo que apresentasse a melhor qualidade de ajuste. Neste estudo, optou-se por apresentar apenas o modelo que gerou o melhor resultado.

Na regressão logística, é utilizada a estatística de *Wald* para testar a significância da equação estimada (HAIR JR *et. al.*, 2009) e fornece a significância estatística de cada coeficiente estimado, de modo que o teste de hipótese pode ocorrer como acontece na regressão múltipla. A estatística de Wald é definida como o quadrado da razão entre o coeficiente logístico estimado e o seu erro padrão. Matematicamente, tem-se:

$$Wald = \frac{b}{E_b}$$

Em que,

$b$  = coeficiente de regressão;

$E_b$  = erro padrão do coeficiente de regressão

Por meio desta estatística, conforme mencionado, testa-se a hipótese de que o coeficiente logístico de cada variável independente seja a zero. Mas, essa estatística deve ser vista com cautela porque quando o coeficiente de regressão é grande, o erro padrão tende a ficar inflacionado, resultando em uma estatística Wald subestimada (FIELD, 2009).

Quanto à avaliação da qualidade do modelo, optou-se por utilizar o teste de razão de verossimilhança e, como medida de adequação de ajuste o teste de Hosmer e Lemeshow.

O teste de Razão de Verossimilhança (RV) - baseia-se no Princípio de Máxima Verossimilhança (MV). Na regressão logística, o teste de RV é baseado nas diferenças entre os logaritmos da função verossimilhança para os modelos com e sem restrição, e avalia se o valor de log-verossimilhança é suficientemente grande para concluir que as variáveis retiradas são importantes para o modelo (SEMEDO, 2009). Matematicamente, tem-se a equação abaixo, segundo o autor,

$$\lambda = \ln \frac{l(\beta_R)}{l(\beta_U)} = l(\beta_R) - l(\beta_U)$$

Em que,

$l(\beta_R)$  = valor máximo do logaritmo de log-verossimilhança com os  $k - 1$  parâmetros igual à zero, exceto a constante;

$l(\beta_U)$  = valor máximo do logaritmo da função de máxima verossimilhança, sem restrição.

No Teste Hosmer e Lemeshow sugere-se que o intervalo de 0 e 1 seja dividido em intervalos mutuamente exclusivos, comparando-se, em seguida, as frequências esperadas e as observadas em cada grupo (RESENDE, 2014).

Neste teste, considera-se a hipótese nula de que as classificações realizadas pelo modelo, ou seja, as classificações previstas sejam iguais às observadas. Dessa maneira, trata-se de um teste no qual se avalia a qualidade do ajuste do modelo final. (RESENDE, 2014).

O Qui-Quadrado testa a hipótese estatística de que os coeficientes para todos os termos no modelo final sejam iguais à zero, exceto a constante. Espera-se que a inclusão de variáveis independentes contribua significativamente para a redução do valor de -2LL (GONÇALVES, 2005).

Outro teste, também com a finalidade de avaliar a qualidade do ajuste do modelo, é a Curva de ROC.

A análise da área sob a curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) dos modelos baseia-se nas definições de sensibilidade e especificidade. Sensibilidade para ser entendida como a capacidade de identificar os maus créditos, enquanto que a especificidade é a capacidade de identificar os bons créditos (SICSÚ, 2010). Neste trabalho, optou-se por denominar os maus e bons créditos em inadimplentes e adimplentes, respectivamente.

Com base na aplicação da curva, é possível validar o modelo de risco de crédito medindo a assertividade do mesmo. O processo inicia-se com a estimação de um

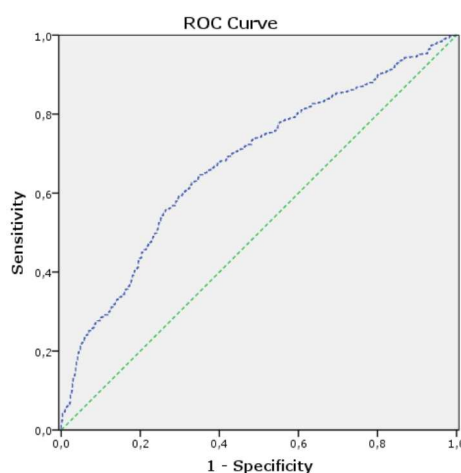
ponto de corte, ou um limiar de decisão, para se classificar e registrar o número de predições positivas e negativas. Como este ponto de corte pode ser definido arbitrariamente, a melhor prática para se comparar o desempenho de diversos modelos é estudar o efeito de seleção de diversos pontos de corte sobre a saída dos dados (RESENDE, 2014).

Ainda segundo Resende (2014), para cada ponto de corte são calculados valores de sensibilidade e especificidade que podem, então, ser dispostos em um gráfico denominado curva ROC, que indica, no eixo das ordenadas, os valores de sensibilidade e, nas abscissas, o complemento da especificidade, ou seja, o valor (1-especificidade).

As curvas ROC avaliadas como boas estarão entre a linha diagonal e a linha perfeita, em que quanto maior a distância da linha diagonal, melhor o modelo, conforme ilustrado no GRAFICO 3.

Como se trata de um plano cartesiano, as análises ocorrem em função do ponto de encontro dos resultados de especificidade e sensibilidade. O ponto (0,1) sugere que o índice de falsos negativos é zero e que o índice de sensibilidade atinge seu ponto máximo, representando uma classificação perfeita.

GRAFICO 3 - Gráfico da Curva ROC



Fonte: SPSS

De maneira geral, um ponto, no espaço ROC, é melhor que outro se ele estiver mais à noroeste. Os classificados no lado esquerdo da Curva ROC (próximo ao eixo Y) são ditos conservadores, pois fazem classificações positivas somente com uma evidência forte, portanto cometem poucos erros de falso positivos. Já os classificados no lado direito são ditos liberais, pois fazem classificações positivas com pouca evidência, mas, por outro lado, cometem muitos erros de falsos positivos (SILVA, 2013).

Hosmer e Lemeshow (2000) sugeriram alguns pontos de cortes e a interpretação dos mesmos para a avaliação das curvas ROC, conforme TABELA 3.

TABELA 3 - Descrição de Pontos de Cortes Propostos por Hosmer e Lemeshow

Ponto de Corte	Descrição
ROC = 0,5	Sugere sem poder discriminante
$0,7 \leq \text{ROC} < 0,8$	Aceitável poder discriminante
$0,8 \leq \text{ROC} < 0,9$	Excelente poder discriminante
ROC $\geq 0,9$	Excepcional poder discriminante

Fonte: Adaptado de Hosmer e Lemeshow, 2000

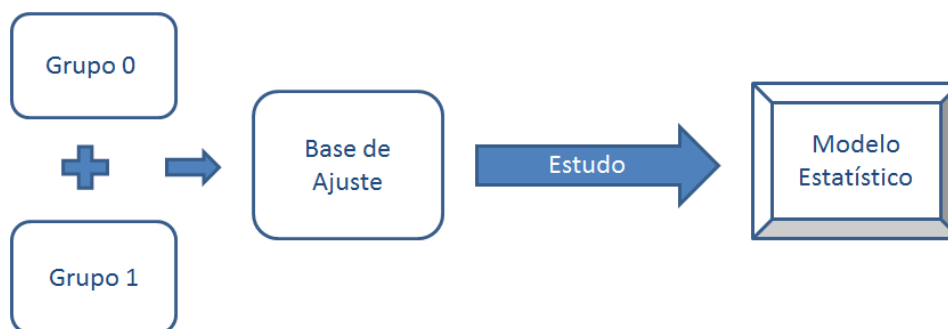
### 3.4.5 Avaliação do melhor modelo

Para avaliar se o modelo encontrado para a avaliação do risco mantém seu poder preditivo, ou seja, se detém boa aderência e capacidade de previsão, a amostra deverá ser dividida em duas partes, sendo uma utilizada na construção do modelo, denominada de Calibração e a outra para Validação do mesmo (HAIR JR *et. al.*, 2009).

Para a primeira etapa da estimação do modelo, fase de Calibração, ou ajuste do modelo *Credit Scoring*, será utilizada uma amostra de 500 contratos, sendo 250 pertencentes ao “Grupo 1”, e 250 ao “Grupo 0” de estudo. A estrutura do modelo de Calibração pode ser visualizada pela FIGURA 2.



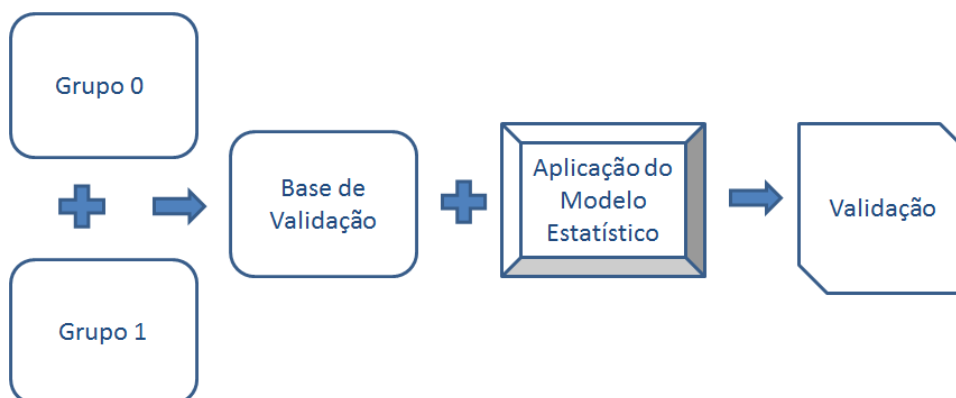
FIGURA 2 - Estrutura do Modelo de Calibração



Fonte: Adaptado de Resende, 2014

A etapa seguinte para elaboração de um modelo *Credit Scoring* é a validação do modelo que apresentou melhor resultado na fase de calibração. A finalidade desta etapa é verificar se o modelo da fase de calibração está classificando bem os casos genéricos, ou seja, se não é eficaz apenas para as amostras de ajuste do modelo, ou amostras de treinamento. Esse fenômeno é chamado de *overfitting* (sobre ajuste). A FIGURA 3 ilustra a estrutura para esse tipo de modelo.

FIGURA 3 - Estrutura do Modelo de Validação



Fonte: Adaptado de Resende, 2014

Para validação final do modelo ajustado, foi considerada uma base de teste com 202 contratos de operações de crédito, sendo 101 contratos do Grupo 1 (inadimplentes) e 101 contratos do Grupo 0 (Adimplentes).

### **3.5 Produto Técnico**

Considerando a inexistência de um modelo específico de avaliação de crédito direcionado para o segmento de crédito rural PF, na instituição estudada, definiu-se como um dos objetivos específicos deste trabalho a elaboração de uma prototipação no software Microsoft Excel, como o primeiro passo para o possível desenvolvimento de um sistema.

Esta ferramenta conterá as variáveis independentes selecionadas, com seus respectivos coeficientes, de modo a possibilitar à instituição financeira, ainda que de forma inicial, operacionalizar o modelo de Credit Scoring, voltado para a avaliação de risco de crédito de operações destinadas ao segmento de crédito rural PF.

### **3.6 Limitações da Pesquisa**

A não identificação da instituição financeira da qual foram obtidas as informações para a realização da pesquisa é condição imposta pela empresa. Essa postura é justificada devido ao acesso aos dados confidenciais de clientes – principalmente os de idoneidade e de relacionamento. Acredita-se que parte significativa dos clientes da carteira de crédito não gostariam de saber que agentes externos tiveram acesso aos seus dados (cadastrais, patrimoniais, financeiros e de idoneidade) e, com isso, poderia reduzir o volume de negócios, ou até mesmo encerrar o relacionamento.

## 4 ANÁLISE DOS DADOS

Este tópico se propõe a apresentar o comportamento das variáveis disponibilizadas pela base de dados disponibilizada. A apresentação da discussão se baseará nas classificações das variáveis, conforme discriminado no capítulo anterior.

### 4.1 Análise Descritiva dos Dados

A análise descritiva das variáveis sociodemográficas contínuas está disposta na TABELA 4. A variável Renda Bruta variou desde clientes que declararam não ter renda formal, até registro de renda bruta no valor de R\$299.000,00, fazendo com que a média alcançasse o valor de R\$11.903,47. Todavia, para um desvio-padrão de R\$33.234,50 os valores observados para a variável estão dispersos por uma gama de valores, o que pode ser comprovado por meio da categorização.

TABELA 4 - Estatísticas Descritivas das Variáveis Contínuas Sociodemográficas

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-Padrão
IDADE	18	92	48,83	48	13,55
RENDA_BRUTA (R\$)	0,00	299.000,00	11.903,47	3.630,94	33.234,50
RENDA_LIQUIDA (R\$)	0,00	299.000,00	11.049,79	3.610,00	32.182,83

Fonte: Elaborado pelo autor

Por meio das faixas de salário, obtidas pela categorização, percebe-se um enquadramento próximo em todas as faixas, com destaque para a faixa de até R\$1.576,00, com 29,6% dos clientes, seguida da faixa com valores maiores que R\$3.152,00 até R\$7.880,00, com 26,8%, conforme apresentado pela TABELA 5.

Em termos dos grupos Adimplentes e Inadimplentes, os resultados sugerem que a maior parte dos clientes adimplentes possui renda bruta mensal superior a R\$3.152,00 até R\$7.880,00, com 28,8% dos registros. Por outro lado, para os clientes inadimplentes, a renda bruta mensal é de até R\$1.576,00, com 39,2% dos casos.

TABELA 5 - Descrição da Variável Renda Bruta, por Faixa e por Grupo

<b>Faixa de Salário</b>	<b>% Total</b>	<b>% Adimplente</b>	<b>% Inadimplente</b>
Até R\$1.576,00	29,6%	20%	39,2%
Mais de R\$1.576,00 até R\$3.152,00	15,4%	17,2%	13,6%
Mais de R\$3.152,00 até R\$7.880,00	26,8%	28,8%	24,8%
Mais de R\$7.880,00 até R\$15.760,00	13,0%	13,6%	12,4%
Mais de R\$15.760,00	15,2%	20,4%	10%

Fonte: Elaborado pelo autor

Cabe ressaltar que, no caso do grupo dos inadimplentes, 39,2% dos clientes, como dito anteriormente, situa-se na faixa que inclui aqueles que não possuem renda bruta mensal.

Sabe-se, também, que esta variável tem grande importância no processo de avaliação das operações de crédito, já que o rendimento do cliente interfere diretamente em sua capacidade de pagamento.

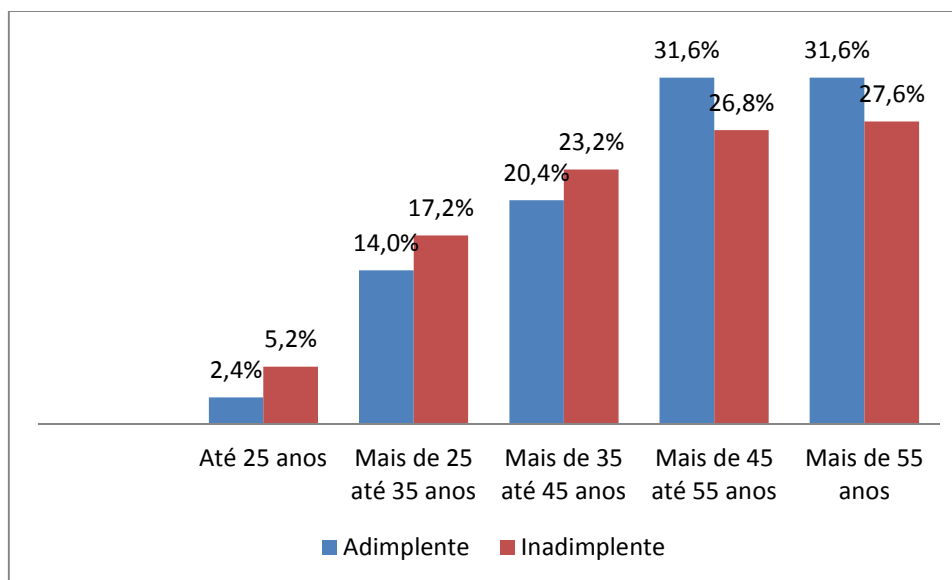
Conforme resultado do teste de correlação de *Spearman*, as variáveis Renda bruta mensal e Renda líquida mensal apresentaram elevada correlação ( $r = 0,969$ ;  $p < 0,001$ ). Se existir grande correlação entre as variáveis independentes, os estimadores dos coeficientes da regressão logística apresentarão considerável incerteza.

Considerando a ausência de padrão dos analistas para definir a Renda Líquida Mensal, visto que a amostra apresentou diversos casos com Renda Bruta Mensal igual a Renda Líquida Mensal, optou-se por desconsiderar a variável Renda Líquida Mensal.

Em relação à variável Idade dos clientes, observa-se que a idade média dos clientes é de aproximadamente 49 anos, sendo que 63,2% daqueles enquadrados como Adimplentes estão concentrados na faixa estaria de “Mais de 45 anos”, seguida da faixa de “Mais de 55 anos”. Esse resultado sugere que os clientes têm perfil de pessoas mais maduras. De acordo com o GRAFICO 4, é possível verificar, também, que nestas faixas o número de clientes do grupo Inadimplente é menor,

comparativamente ao número de clientes do grupo Adimplente, mas, representam a maioria dos clientes.

GRÁFICO 4 - Faixa Etária dos Clientes



Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação às variáveis categóricas, observou-se que 82,6% dos clientes pertencem ao sexo masculino e 17,4% ao feminino. Além disso, de acordo com o demonstrado pela TABELA 6, quando comparada a distribuição de frequência por gênero entre o grupo dos Adimplentes e dos Inadimplentes, percebe-se um aumento da participação do sexo feminino, que passa de 14,4%, entre os Adimplentes, para 20,4% entre os Inadimplentes.

TABELA 6 - Gênero dos Clientes

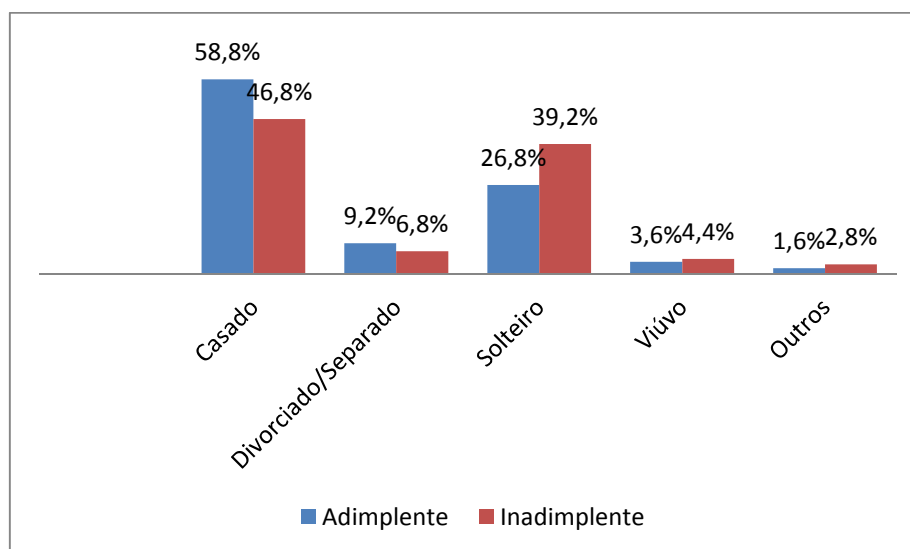
Gênero	% Total	% Adimplente	% Inadimplente
Masculino	82,6%	85,6%	79,6%
Feminino	17,4%	14,4%	20,4%

Fonte: Elaborado pelo autor

Os resultados para Estado Civil indicaram que a proporção de clientes adimplentes é superior apenas entre os casados e divorciados/separados, em comparação com os inadimplentes, correspondendo a 58,8% contra 46,8%, e 9,2% frente a 6,8%,

respectivamente. Nas demais situações, predominam os clientes do grupo Inadimplentes, conforme apresentado no GRAFICO 5.

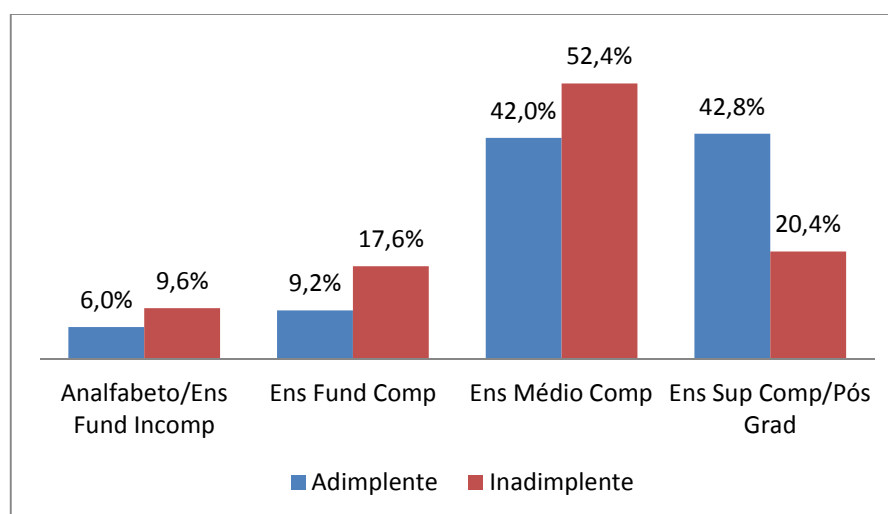
GRÁFICO 5 - Estado Civil do Cliente



Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto à variável Grau de Instrução, observa-se que quase a metade dos clientes concluiu o Ensino Médio, ou 47,2% do total. Entretanto, essa participação aumenta quando observamos, isoladamente, os clientes enquadrados no grupo dos Inadimplentes, que alcançam 52,4% dentro do grupo. Por outro lado, segundo ilustrado pelo GRAFICO 6, no grupo dos Adimplentes, ainda que por uma pequena diferença, a maior parte dos clientes concluiu o Ensino Superior, no mínimo, correspondendo a 42,8% do grupo.

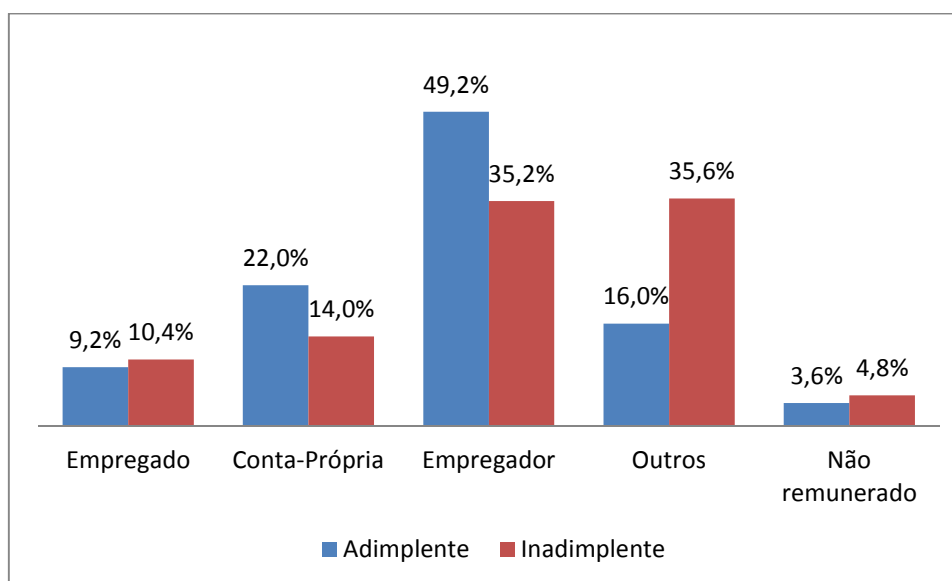
GRÁFICO 6 - Grau de Instrução dos Clientes



Fonte: Elaborado pelo autor

Em relação à variável Ocupação Principal dos clientes, observa-se quase a metade dos clientes adimplentes são Empregadores, ou 49,2%, enquanto que entre os inadimplentes, o percentual para esta categoria alcança 35,2%, inferior àqueles enquadrados como Outros, com 35,6%. Dentro desta categoria foram considerados, também, os aposentados. Estes, e os demais percentuais, podem ser observados no GRAFICO 7.

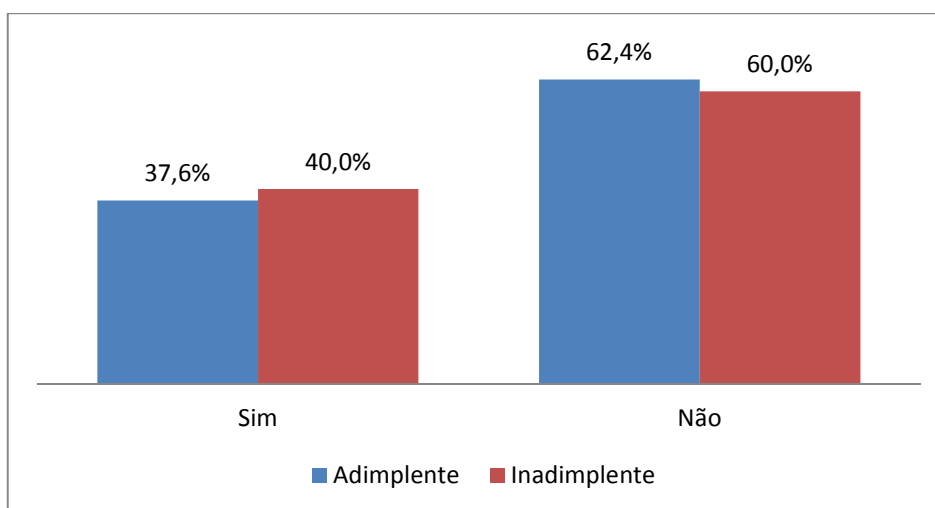
GRÁFICO 7 - Ocupação Principal dos Clientes



Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, para a variável Ocupação Não Comprovada, a distribuição entre adimplentes e inadimplentes foi bem parecida, com uma ligeira superioridade da ausência de ocupação não comprovada entre os clientes adimplentes, em relação aos clientes inadimplentes, 62,4% e 60% respectivamente, conforme GRAFICO 8.

GRÁFICO 8 - Ocupação não Comprovada



Fonte: Elaborado pelo autor

A análise descritiva das variáveis específicas contínuas está disposta na TABELA 7. A variável valor do contrato apresentou propostas com valor mínimo de R\$4.400,00 até o valor máximo de R\$1.032.000,00, fazendo com que a média alcançasse o valor de R\$167.557,21. Todavia, considerando um desvio-padrão de R\$169.984,48, os valores observados para a variável estão dispersos por uma gama de valores.

TABELA 7 - Estatísticas Descritivas das Variáveis Contínuas Específicas

Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Mediana	Desvio-Padrão
VALOR_CONTRATO (R\$)	4.400,00	1.032.000,00	167.557,21	109.983,78	169.984,48
PRAZO_CONTRATO (dias)	71	2.191	366	365	239
PRECIPITACAO_HIST (mm)	89,17	243,75	138,63	127,08	31,17

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme informações da Instituição Financeira estudada, e determinação do BACEN, o limite de crédito de custeio rural, por beneficiário, em cada safra, e em todo o SNCR, é de R\$1.100.000,00 (um milhão e cem mil reais), devendo ser considerados,



na apuração desse limite, os créditos de custeio tomados com recursos controlados, exceto aqueles tomados no âmbito dos fundos constitucionais de financiamento regional. Todavia, para as operações a serem lastreadas por recursos livres, não se aplica o referido limite (teto).

Por política creditícia, a Instituição Financeira adota a estratégia de esgotar os limites definidos pelo BACEN para operações de crédito rural com recursos controlados para só após, caso o cliente ainda possua capacidade financeira, contratar operações com recursos livres. Além de uma decisão estratégica, esta política visa atender uma exigência do BACEN que determina que as instituições financeiras, que atuam no segmento do crédito rural, devem manter aplicado em operações deste segmento valor correspondente a 34% da média aritmética do Valor Sujeito a Recolhimento (VSR), apurado no período de cálculo<sup>7</sup>.

Pode se perceber uma grande disparidade entre os prazos dos contratos, que variam de 71 a 2.191 dias. Entretanto, observa-se uma proximidade entre a Média, 366 dias, e a Mediana, 365 dias, ou 1 ano, apesar do Desvio-Padrão de 239 dias. Considerando as operação caracterizadas por uma amortização única, que têm seu risco de inadimplência agravado em razão do maior prazo para pagamento, detalhou-se, na TABELA 8, o prazo do contrato, de forma categorizada, entre adimplentes e inadimplentes.

TABELA 8 - Descrição da Variável Prazo do Contrato

<b>Faixa de Prazo</b>	<b>% Total</b>	<b>% Adimplente</b>	<b>% Inadimplente</b>
Até 180 dias	2,4%	1,6%	3,2%
Mais de 180 até 360 dias	30,4%	38,0%	22,8%
Mais de 360 até 540 dias	64,0%	59,6%	68,4%
Mais de 540 dias	3,2%	0,8%	5,6%

Fonte: Elaborado pelo autor

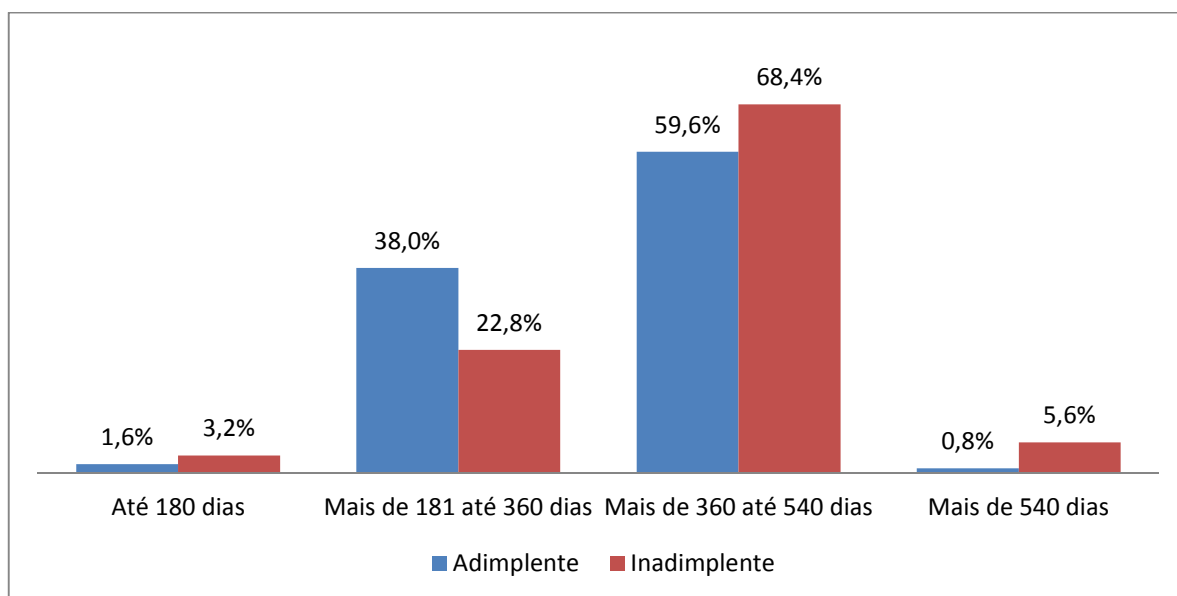
Por determinação do BACEN, de forma geral, o prazo máximo para o reembolso dos créditos de custeio agrícola é de dois anos, devendo o vencimento do crédito ser fixado por prazo não superior a 60 dias após o término da colheita. Para o custeio

<sup>7</sup> Para mais informações sobre VSR, consultar o Manual de Crédito Rural do BACEN.

pecuário, o prazo máximo para reembolso dos créditos é de um ano. Entretanto, as operações destinadas ao financiamento de custeio de leite (bovino e caprino), devem ser pactuadas com previsão de reembolso em parcelas, que podem ser: mensais, iguais e sucessivas, admitindo-se o vencimento da primeira em até 90 dias após a liberação do financiamento; ou trimestrais, iguais e sucessivas.

Em termos dos grupos Adimplentes e Inadimplentes, os resultados sugerem que a maior parte dos clientes inadimplentes possuem contratos com prazos maiores, com percentual superior ao dos clientes adimplentes nas faixas de prazo superior a 360 dias, de acordo com o GRAFICO 9.

GRÁFICO 9 - Prazo do Contrato



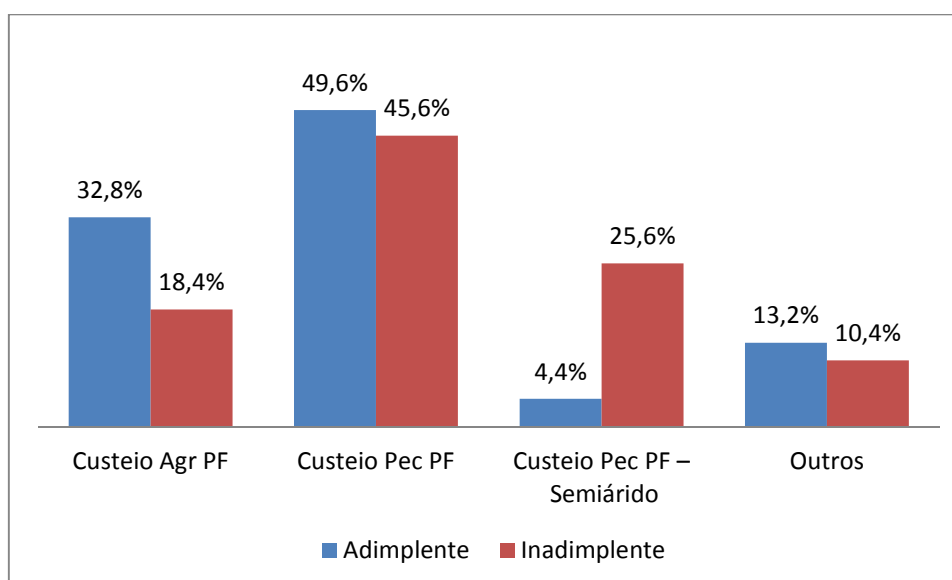
Fonte: Elaborado pelo autor

Para a variável Precipitação histórica, o volume de chuvas variou entre 89,17 mm e 243,75 mm, todavia, o maior número de ocorrências, conforme indicado pelo Desvio-Padrão, ficou situado entre 107,46 mm e 169,8 mm.

Conforme a literatura pesquisada, eventos meteorológicos extremos, como secas prolongadas, excesso de chuvas, entre outros, compõe os fatores associados ao risco climático que podem afetar significativamente a produtividade (ALMEIDA; ZYLBERSZTAJN, 2008; ARAÚJO, 1996; MAPA, 2013; SPOLADOR, 2001).

Em relação às variáveis específicas categóricas, observou-se que 49,6% das propostas dos clientes adimplentes visavam obtenção de contratos na linha de crédito Custeio Pecuário PF, contra 45,6% entre os clientes inadimplentes. Chama a atenção, como pode ser observado no GRAFICO 10, o aumento considerável no percentual de clientes inadimplentes que contrataram a linha de crédito Custeio Pecuário PF – Semiárido, que alcançou 25,6%, frente 4,4% dos clientes adimplentes. Tal constatação pode indicar uma maior dificuldade dos clientes que contratam esta linha de crédito em honrar seus compromissos financeiros.

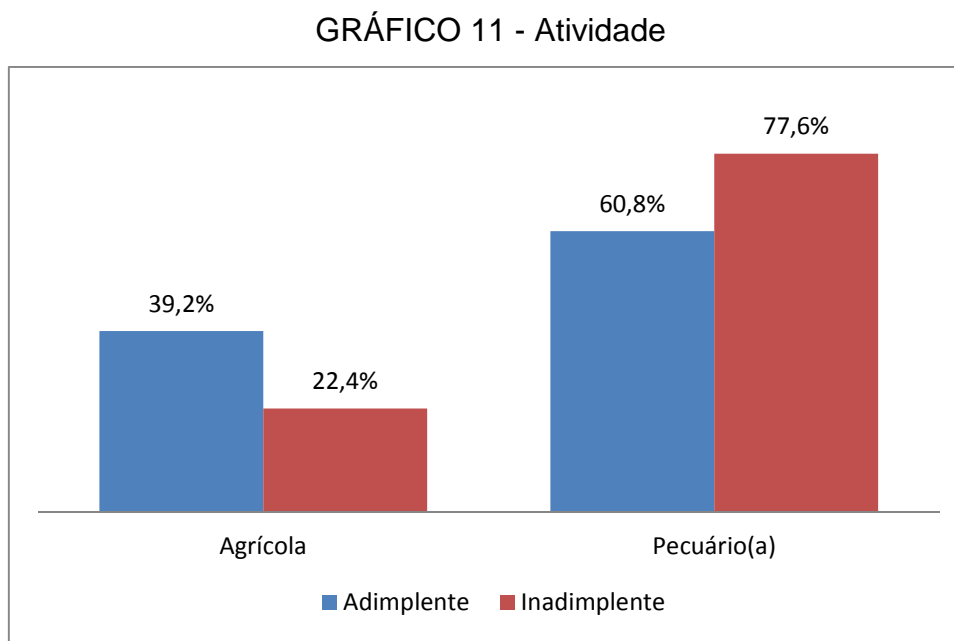
GRÁFICO 10 - Linha de Crédito



Fonte: Elaborado pelo autor

A linha de crédito rural Custeio Pecuária PF – Semiárido, apesar de ter as mesmas finalidades do Crédito Rural – Custeio Pecuária PF, é destinada àquelas pessoas físicas que se enquadram no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar – Pronaf -, focado na sustentabilidade dos agroecossistemas do Semiárido. Todavia, o elevado percentual de clientes inadimplentes que contrataram esta linha de crédito, em comparação com o percentual de clientes adimplentes, pode ser resultado das maiores dificuldades enfrentadas pelos produtores que atuam nesta região, com maiores desafios para a atividade agropecuária, e que podem se manifestar na dificuldade de honrar alguns compromissos financeiros formalmente contraídos.

Em relação à variável Atividade, 69,2% dos clientes exercem a pecuária, e o restante, 30,8%, a agricultura. Observa-se pelo GRAFICO 11 que dentre os clientes inadimplentes, 77,6%, exercem a pecuária, percentual superior ao 60,8% dos clientes adimplentes.

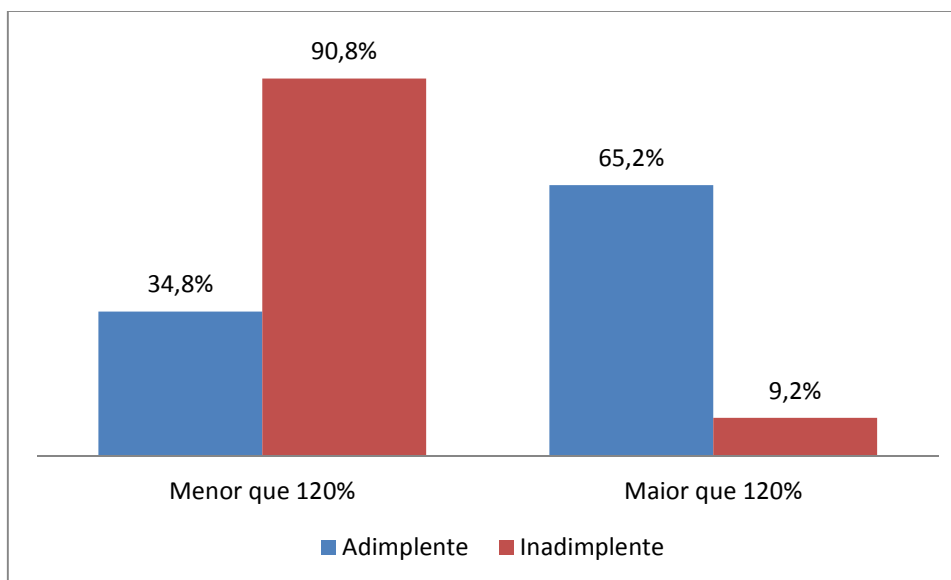


Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme resultado do teste de correlação de *Spearman*, as variáveis Projeção de produção e Projeção de consumo apresentaram elevada correlação ( $r = 1$ ;  $p < 0,001$ ), por essa razão, optou-se por desconsiderar a variável Projeção de consumo.

Destaca-se a grande variação percentual entre clientes adimplentes e inadimplentes observados para a variável Evolução histórica da produção, ilustrada pela GRAFICO 12, onde a produção de 90,8% dos clientes inadimplentes teve evolução inferior a 120%, entre 1998 e 2014, contra 34,8% dos clientes adimplentes. Esta perda de produtividade, se combinada com uma defasagem do valor do produto cultivado/criado, ao longo do tempo, pode ocasionar uma depreciação da disponibilidade financeira do produtor.

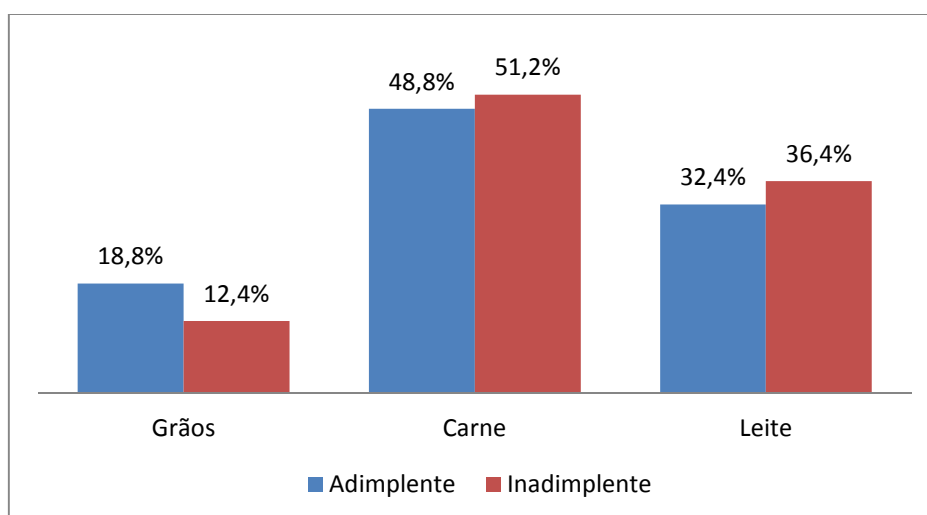
GRÁFICO 12 - Evolução Histórica da Produção



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a variável Produto, representada no GRÁFICO 13, percebe-se uma concentração dos clientes inadimplentes como produtores de Carne, com 51,2%, seguidos dos produtores de Leite, com 36,4%. Da mesma forma, 48,8% e 32,4% dos clientes adimplentes produzem Carne e Leite, respectivamente.

GRÁFICO 13 - Produto

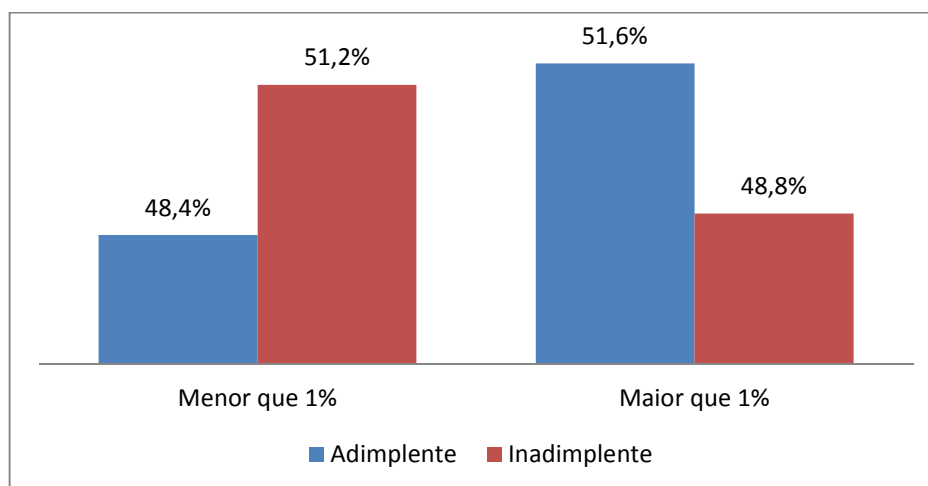


Fonte: Elaborado pelo autor

Quanto à expectativa de variação futura na produção, representada pela variável Projeção da Produção, observou-se uma inversão. A projeção da produção para os 12 meses seguintes dos produtos cultivados/criados pelos clientes inadimplentes foi

inferior a 1% em 51,2% dos casos. Diferentemente, para 51,6% dos clientes adimplentes a projeção da produção foi superior a 1%, retratada no GRAFICO 14.

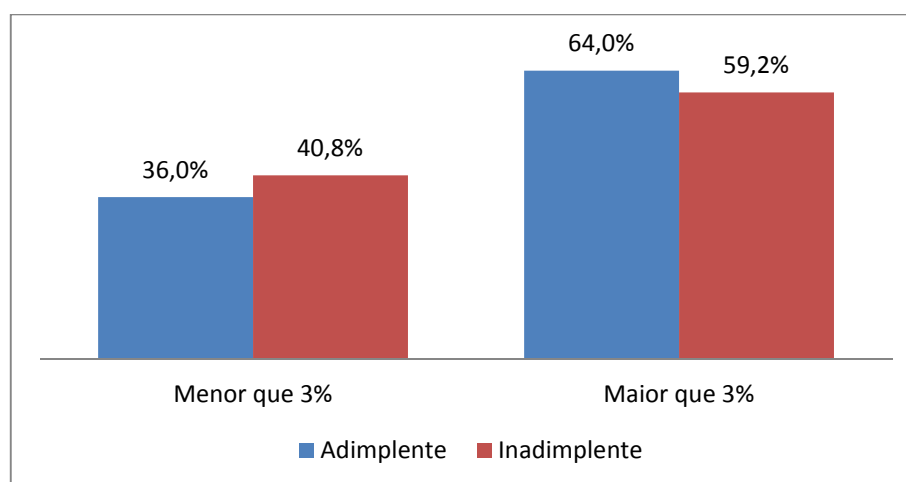
GRÁFICO 14 - Projeção da Produção



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a variável Projeção da Exportação, de acordo com o GRAFICO 15, tanto para clientes adimplentes e inadimplentes, 64,0% e 59,2%, respectivamente, espera-se incremento maior que 3% nas exportações. Um aumento nas exportações pode compensar variações no consumo do mercado interno. Todavia, as exportações são afetadas pela variação cambial, que pode elevar, ou reduzir, suas receitas.

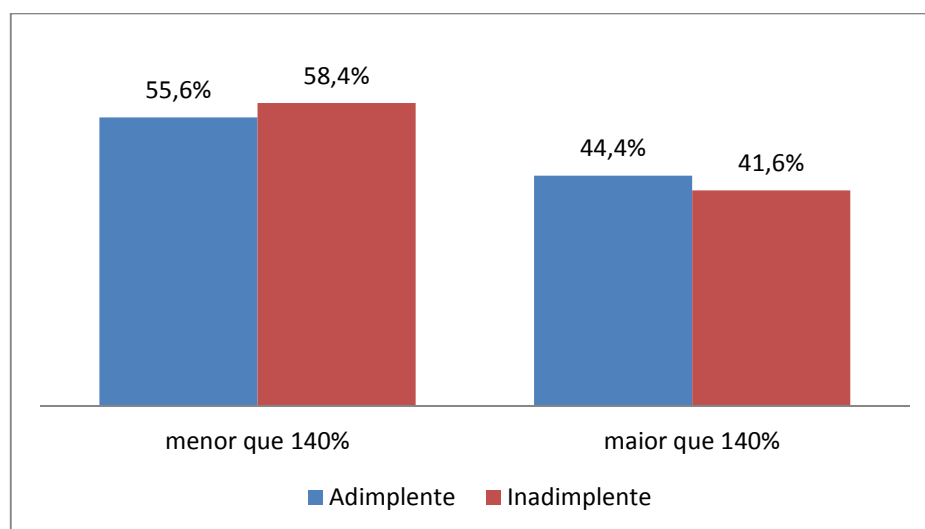
GRÁFICO 15 - Projeção da Exportação



Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, os clientes adimplentes e inadimplentes, no que se refere à Variação Histórica do Valor Bruto Pago - VBP, que representa o percentual de aumento, ou redução, do preço médio anual recebido pelos produtores, a partir de 2000, demonstraram uma leve concentração entre a faixa que representa uma variação menor que 140%, com 55,6% para clientes adimplentes e 58,4% para clientes inadimplentes, representada no GRAFICO 16.

GRÁFICO 16 - Variação Histórica do VBP



Fonte: Elaborado pelo autor

Resumidamente, as TABELAS 9, 10 e 11, apresentam os resultados separados pelos grupos de clientes Adimplentes e Inadimplentes, por cada tipo de variável estabelecida por este estudo.

TABELA 9 - Resumo Descritivo das Variáveis Categóricas Sociodemográficas

<b>Variáveis Categóricas</b>	<b>Adimplente</b>	<b>Inadimplente</b>
<b>Faixa Etária</b>		
Até 25 anos	2,4%	5,2%
Mais de 25 até 35 anos	14,0%	17,2%
Mais de 35 até 45 anos	20,4%	23,2%
Mais de 45 até 55 anos	31,6%	26,8%
Mais de 55 anos	31,6%	27,6%
<b>Sexo</b>		
Masculino	85,6%	79,6%
Feminino	14,4%	20,4%
<b>Estado Civil</b>		
Casado	58,8%	46,8%
Divorciado/Separado	9,2%	6,8%
Solteiro	26,8%	39,2%
Viúvo	3,6%	4,4%
Outros	1,6%	2,8%
<b>Grau Instrução</b>		
Analfabeto/Ens. Fund. Incompleto	6,0%	9,6%
Ens. Fund. Completo	9,2%	17,6%
Ens. Médio Completo	42,0%	52,4%
Ens. Sup. Completo/Pós-Graduação	42,8%	20,4%
<b>Imóveis</b>		
Sim	22,0%	14,0%
Não	78,0%	86,0%
<b>Veículos</b>		
Sim	18,8%	13,6%
Não	81,2%	86,4%
<b>Região</b>		
Centro-Oeste	27,2%	15,6%
Nordeste	10,8%	26,4%
Norte	9,2%	11,2%
Sudeste	26,0%	29,2%
Sul	26,8%	17,6%
<b>Ocupação Principal</b>		
Empregado	9,2%	10,4%
Conta-Própria	22,0%	14,0%
Empregador	49,2%	35,2%
Outros	16,0%	35,6%
Não Remunerado	3,6%	4,8%
<b>Ocupação Não Comprovada</b>		
Sim	37,6%	40,0%
Não	62,4%	60,0%
<b>Relacionamento com outra IF</b>		
Sim	9,2%	6,8%
Não	90,8%	93,2%

Fonte: Elaborado pelo autor



TABELA 10 - Resumo Descritivo das Variáveis Categóricas Específicas

<b>Variáveis Categóricas</b>	<b>Adimplente</b>	<b>Inadimplente</b>
Linha de Crédito		
Custeio Agr PF – Cron	32,8%	18,4%
Custeio Pec PF – Cron	49,6%	45,6%
Custeio Pec PF – Semiárido	4,4%	25,6%
Outros	13,2%	10,4%
Atividade		
Agrícola	39,2%	22,4%
Pecuária	60,8%	77,6%
Produto		
Grãos	18,8%	12,4%
Carne	48,8%	51,2%
Leite	32,4%	36,4%
Projeção da Produção		
Menor que 1%	48,4%	51,2%
Maior que 1%	51,6%	48,8%
Projeção de Exportação		
Menor que 3%	36,0%	40,8%
Maior que 3%	64,0%	59,2%
Projeção do Consumo		
Redução	48,4%	51,2%
Aumento	51,6%	48,8%
Evolução Histórica da Produção		
Menor que 120%	34,8%	90,8%
Maior que 120%	65,2%	9,2%
Varição Histórica do VBP		
Menor que 140%	55,6%	58,4%
Maior que 140%	44,4%	41,6%

Fonte: elaborado pelo autor

TABELA 11 - Resumo Descritivo das Variáveis Contínuas

<b>Variável</b>	<b>Grupo</b>	<b>Média</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desvio-Padrão</b>
Idade (anos)	Adimplente	50	50	13
	Inadimplente	48	47	14
Renda Bruta	Adimplente	R\$14.831,17	R\$4.824,34	R\$38.006,95
	Inadimplente	R\$8.975,77	R\$2.843,43	R\$27.338,48
Renda Líquida	Adimplente	R\$14.266,21	R\$4.688,98	R\$37.851,27
	Inadimplente	R\$7.833,37	R\$2.728,41	R\$24.860,82
Renda não comprovada	Adimplente	R\$5.041,02	R\$0,00	R\$21.202,30
	Inadimplente	R\$3.325,13	R\$0,00	R\$11.058,04
Prazo do contrato (dias)	Adimplente	327	365	116
	Inadimplente	404	365	312
Valor do contrato	Adimplente	R\$182.527,79	R\$115.945,02	R\$183.569,57
	Inadimplente	R\$152.586,63	R\$101.111,28	R\$153.764,19
Precipitação histórica (mm)	Adimplente	134,62	127,08	28,63
	Inadimplente	142,65	127,08	33,03

Fonte: Elaborada pelo autor

## **4.2 Desenvolvimento do Modelo de Avaliação de Risco – Calibração**

A seguir, apresentar-se-á o resultado dos testes quanto à normalidade e multicolinearidade das variáveis estudadas, a definição destas variáveis e o correspondente teste de significância.

### **4.2.1 Normalidade e multicolinearidade**

Em relação à normalidade, ao nível de 5% de significância, observa-se pelos resultados registrados que nenhuma das variáveis testadas apresenta uma distribuição normal, o que pode ser verificado na TABELA 12. Uma vez que não é pré-requisito para a Regressão Logística que os dados sejam homocedásticos, ou seja, apresentem variâncias iguais (HAIR JR *et. al.*, 2009), não foi necessário utilizar o teste de Heterocedasticidade. Esta é, inclusive, uma vantagem da utilização da Regressão Logística (RESENDE, 2014).

TABELA 12 - Teste de Normalidade

Variáveis	Kolmogorov-Smirnov		
	Estatística	Df (gl)	Signif..
Idade	,031	500	,200*
Sexo	,503	500	,000
Estado civil	,333	500	,000
Grau de instrução	,276	500	,000
Fonte pagadora	,297	500	,000
Ocupação não comprovada	,236	500	,000
Renda bruta	,430	500	,000
Renda líquida	,433	500	,000
Ocupação não comprovada	,399	500	,000
Renda não comprovada	,403	500	,000
Imóveis	,500	500	,000
Veículos	,508	500	,000
Relac. com outra IF	,536	500	,000
Região	,197	500	,000
Linha de crédito	,278	500	,000
Prazo do contrato	,421	500	,000
Valor do contrato	,169	500	,000
Finalidade	,535	500	,000
Atividade	,439	500	,000
Produto	,265	500	,000
Projeção produção	,342	500	,000
Projeção consumo	,342	500	,000
Projeção exportação	,401	500	,000
Evolução histórica da produção	,407	500	,000
Variação histórica VBP	,377	500	,000
Precipitação histórica	,284	500	,000

\*Esse é um limite inferior da verdadeira significância

Fonte: elaborado pelo autor

#### 4.2.2 Definição das variáveis e teste de significância

Para identificar o modelo inicial utilizou-se o método de *forward stepwise*, como apresentado no capítulo anterior, cuja etapa inicia apenas com a constante na equação de regressão, ou seja, omitindo todas as variáveis previsoras.

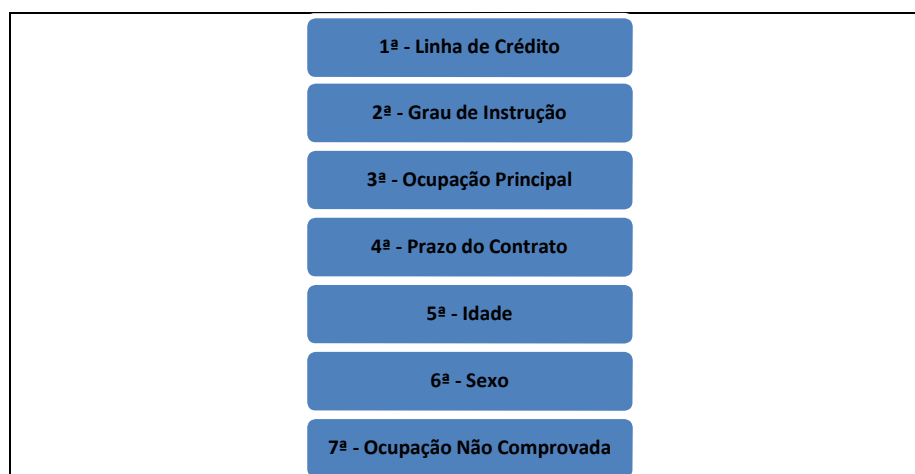
Ao testar todas as variáveis da base de dados, através do método de estimação da Regressão Logística, obteve-se a primeira versão da equação. Neste primeiro momento, foram necessários 7 passos até alcançar um modelo com resultados satisfatórios. A inclusão de variáveis iniciou no passo 1 com *Linha\_credito\_M*, conforme APÊNDICE B.

A cada passo foi acrescentada uma variável que apresenta maior escore, pois esta irá ocasionar um maior impacto no ajuste do modelo. No APÊNDICE B, estão apresentados os escores de cada variável em cada um dos sete passos. Para alcançar um modelo que apresente um melhor resultado foi necessário analisar o restante das variáveis (as que não entraram no modelo neste primeiro momento) e avaliar se as mesmas acrescentariam algum benefício aos modelos ajustados anteriormente.

Pela elaboração do modelo de regressão logística binária foi possível verificar os fatores que contribuem para a inadimplência junto à instituição financeira. Das 23 variáveis independentes disponíveis e testadas no modelo, foram incluídas 7 variáveis além da constante, a saber:

Dessa forma, a FIGURA 4 apresenta as variáveis significativas para o modelo em ordem de importância (da mais importante para a menos importante para o *status* de inadimplência do cliente). A importância de cada variável foi avaliada através da Estatística de Wald, cuja análise sugere que quanto maior o valor do coeficiente dessa estatística maior a importância da variável para o modelo.

FIGURA 4 - Variáveis Significativas para o Modelo de Calibração



Fonte: Elaborada pelo autor

Para a interpretação das variáveis categóricas que foram incluídas no modelo, “Sexo”, “Grau de Instrução”, “Ocupação Principal”, “Ocupação Não Comprovada” e “Linha de Crédito”, deve-se levar em consideração a categoria de referência para a interpretação da variável (GONÇALVES, 2005). Com isso, a avaliação do efeito particular de uma categoria deve ser feita em comparação com a categoria de referência daquela variável. A faixa de referência ou categoria de referência é aquela que apresenta 0, destacado em negrito, conforme TABELA 13.

TABELA 13 - Faixa de Referência Variáveis Categóricas

		Faixas de Referência			
		(1)	(2)	(3)	(4)
Sexo	<b>Masculino</b>	<b>0</b>			
	Feminino	1			
Grau de Instrução	<b>Analfabeto/Ens. Fund. Incompleto</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
	Ens. Fund. Completo	1	0	0	
	Ens. Méd. Completo	0	1	0	
	Ens. Superior Completo/Pós-Gra.	0	0	1	
Ocupação Principal	<b>Empregado</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
	Conta-Própria	1	0	0	0
	Empregador	0	1	0	0
	Outros	0	0	1	0
	Não remunerado	0	0	0	1
Ocupação Não Comprovada	<b>Sim</b>	<b>0</b>			
	Não	1			
Linha de Crédito	<b>Outros</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	
	Custeio Agr. PF	1	0	0	
	Custeio Pec. PF	0	1	0	
	Custeio Pec. PF – Semiárido	0	0	1	

Fonte: Elaborada pelo autor

Considerando a constante no modelo, os parâmetros de estimação dos modelos apresentaram 5% de significância para a entrada das variáveis. Os coeficientes estimados da regressão desses fatores encontram-se na TABELA 14. Nela estão apresentados os coeficientes estimados de cada variável, os desvios-padrão, a Estatística de Wald, Graus de Liberdade e níveis dos testes de significância das variáveis.

Observa-se, pela TABELA 14, que a variável “Idade” apresenta um sinal negativo do coeficiente estimado indicando que, de acordo com esse modelo, clientes mais velhos tendem a ser menos inadimplentes em empréstimos do segmento de Crédito Rural. À medida que a idade aumenta, reduz o impacto na inadimplência de 0,02 ( $\text{Exp}(\beta) = \text{Exp}(-0,02) = 0,98$ ).

Apesar da variável “Prazo do Contrato” ser aquela que apresenta o menor impacto na Inadimplência do cliente, devido ao valor do seu coeficiente, o mesmo indica que, quanto maior o prazo do contrato, maiores são as chances para a inadimplência.

TABELA 14 - Modelo de Regressão Logística e Estatísticas

	Coefic.	S.E.	Estatística Wald	Graus de Liberdade	Sig.	Exp( $\beta$ )
Idade (em anos)	-.021	.008	6.892	1	.009	.980
Sexo (feminino)	.598	.271	4.869	1	.027	1.818
Grau de Instrução (Analfabeto/Ens. Fund. Incompleto)			21.938	3	.000	
Ens. Fund. Completo	.478	.478	1.002	1	.317	1.613
Ens. Méd. Completo	.237	.412	.330	1	.566	1.267
Ens. Superior Completo/Pós-Gra.	-.812	.433	3.513	1	.061	.444
Ocupação Principal (Empregado)			15.820	4	.003	
Conta-Própria	-.619	.406	2.321	1	.128	.538
Empregador	-.808	.368	4.822	1	.028	.446
Outros	.230	.406	.320	1	.571	1.259
Não remunerado	-.031	.572	.003	1	.957	.970
Ocupação Não Comprovada (Sim)	-.470	.238	3.919	1	.048	.625
Linha de Crédito (Outros)			26.742	3	.000	
Custeio Agr. PF	-.117	.366	.102	1	.749	.890
Custeio Pec. PF	.276	.333	.689	1	.407	1.318
Custeio Pec. PF - Semiárido	1.932	.460	17.627	1	.000	6.903
Prazo do Contrato (dias)	.002	.001	7.013	1	.008	1.002
Constante	.535	.775	.477	1	.490	1.708

Fonte: Elaborada pelo autor

Para a variável “Ocupação Principal” apenas a categoria “outros” aumenta as chances de um cliente ser inadimplente. Sendo assim, a categoria que mais reduz essa probabilidade é a dos clientes que são empregadores.

O mesmo ocorre com a variável “Grau de Instrução”, que possui como categoria de referência o nível de instrução Analfabeto/Ensino Fundamental Incompleto. Quando comparados com ela, os clientes com Ensino Superior/Pós-Graduação são os que apresentam a menor probabilidade de inadimplência, ao passo que os clientes com Ensino Fundamental Completo são os que mais aumentam esta chance.

A variável “Sexo”, que representa o gênero do cliente, indica que os homens, quando comparados com as mulheres, tem uma probabilidade menor de serem considerados inadimplentes. Ressalta-se, que o fato de um cliente ser do sexo feminino não antecipa o não pagamento dos compromissos financeiros firmados, apenas que este cliente possui uma probabilidade maior de inadimplência quando comparado com um cliente do sexo masculino, sendo todas as outras variáveis iguais.

Similarmente, por meio da variável “Ocupação Não Comprovada”, percebe-se que os clientes que possuem outras fontes de renda, mesmo que não formalmente comprovadas detêm uma probabilidade maior de cumprir com suas obrigações.

Para a variável “Linha de Crédito”, os clientes que contrataram a linha de crédito Custeio Pec PF - Semiárido, tem a maior chance de se tornarem inadimplentes, ao contrário daqueles que contrataram a linha de crédito Custeio Agr PF, que apresentam o maior impacto para a redução da probabilidade de inadimplência.

Para as variáveis independentes Sexo, Ocupação Principal e Linha de Crédito, em razão de suas particularidades, não havia expectativa inicial quanto aos seus relacionamentos com a variável dependente.

As variáveis Idade, Ocupação Não Comprovada e Prazo do Contrato corresponderam às expectativas iniciais quanto à suas influências na probabilidade de inadimplência.

Por fim, para a variável Grau de Instrução, apenas o maior grau de escolaridade, Superior Completo/Pós-Graduação apresentou o relacionamento previsto.

A TABELA 15 apresenta o relacionamento entre as variáveis independentes selecionadas e a variável dependente.

TABELA 15 - Relacionamento entre Variáveis Independentes e Dependente

Variável selecionada	Coefficiente calculado	Relacionamento esperado
Idade (anos)	-.021	Impacto negativo
Sexo (feminino)	.598	Não havia
Grau de Instrução (Analfabeto/Ens. Fund. Incompleto)		
Ens. Fund. Completo	.478	Impacto negativo
Ens. Méd. Completo	.237	
Ens. Superior Completo/Pós-Gra.	-.812	
Ocupação Principal (Empregado)		
Conta-Própria	-.619	Não havia
Empregador	-.808	
Outros	.230	
Não remunerado	-.031	
Ocupação Não Comprovada (Sim)	-.470	Impacto negativo
Linha de Crédito (Outros)		
Custeio Agr. PF	-.117	Não havia
Custeio Pec. PF	.276	
Custeio Pec. PF - Semiárido	1.932	
Prazo do Contrato (dias)	.002	Impacto positivo

Fonte: Elaborada pelo autor

Diante dos resultados apresentados, a equação de regressão do modelo logístico binário pode ser representada numericamente da seguinte forma:



$$\begin{aligned}
\text{Probabilidade de Inadimplência} = & 0,535 - 0,021 * \text{IDADE} + 0 * \text{SEXO}_{\text{MASCULINO}} + 0,598 \\
& * \text{SEXO}_{\text{FEMININO}} + 0 * \text{INSTRUÇÃO}_{\text{ANALF/EF\_INCOMPLETO}} + 0,478 * \\
& \text{INSTRUÇÃO}_{\text{EF\_COMPLETO}} + 0,237 * \text{INSTRUÇÃO}_{\text{EM\_COMPLETO}} - 0,812 * \\
& \text{INSTRUÇÃO}_{\text{ES\_COMPLETO/PÓS-GRADUAÇÃO}} + 0 * \text{OCUPAÇÃO}_{\text{EMPREGADO}} - 0,619 * \\
& \text{OCUPAÇÃO}_{\text{CONTA-PRÓPRIA}} - 0,808 * \text{OCUPAÇÃO}_{\text{EMPREGADOR}} + 0,230 * \\
& \text{OCUPAÇÃO}_{\text{OUTROS}} - 0,031 * \text{OCUPAÇÃO}_{\text{NÃO\_REMUNERADO}} + 0 * \\
& \text{OCUPAÇÃO}_{\text{NÃO\_COMPROVADA}_{\text{NÃO}}} - 0,470 * \text{OCUPAÇÃO}_{\text{NÃO\_COMPROVADA}_{\text{SIM}}} + 0 * \\
& \text{LINHA}_{\text{OUTROS}} - 0,117 * \text{LINHA}_{\text{CUSTEIO\_AGR\_PF}} + 0,276 * \text{LINHA}_{\text{CUSTEIO\_PEC\_PF}} + 1,932 * \text{LINHA}_{\text{CUSTEIO\_PEC\_PF\_SEMIÁRIDO}} + 0,002 * \\
& \text{PRAZO}_{\text{DO\_CONTRATO}}
\end{aligned}$$

sendo que,

*IDADE* = idade do cliente em anos;

*SEXO<sub>MASCULINO</sub>* = cliente do sexo masculino;

*SEXO<sub>FEMININO</sub>* = cliente do sexo feminino;

*INSTRUÇÃO<sub>ANALF/EF\_INCOMPLETO</sub>* = cliente sem escolaridade (analfabeto) ou que não concluiu o Ensino Fundamental;

*INSTRUÇÃO<sub>EF\_COMPLETO</sub>* = cliente que concluiu o Ensino Fundamental;

*INSTRUÇÃO<sub>EM\_COMPLETO</sub>* = cliente que concluiu o Ensino Médio;

*INSTRUÇÃO<sub>ES\_COMPLETO/PÓS-GRADUAÇÃO</sub>* = cliente que concluiu o Ensino Superior e aqueles que possuem alguma Pós-Graduação (*strictu sensu* ou *latu sensu*);

*OCUPAÇÃO<sub>EMPREGADO</sub>* = cliente que atua como empregado;

*OCUPAÇÃO<sub>CONTA-PRÓPRIA</sub>* = cliente que atua como autônomo;

*OCUPAÇÃO<sub>EMPREGADOR</sub>* = cliente proprietário do próprio negócio;

*OCUPAÇÃO<sub>OUTROS</sub>* = cliente que possui outro tipo de ocupação;

*OCUPAÇÃO<sub>NÃO\_REMUNERADO</sub>* = cliente que atua de forma não remunerada;

*OCUPAÇÃO<sub>NÃO\_COMPROVADA<sub>NÃO</sub></sub>* = cliente que não possui ocupação não comprovada;

*OCUPAÇÃO<sub>NÃO\_COMPROVADA<sub>SIM</sub></sub>* = cliente que possui ocupação não comprovada;

*LINHA<sub>OUTROS</sub>* = outras linhas de crédito, que não são para custeio;

*LINHA<sub>CUSTEIO\_AGR\_PF</sub>* = linha de crédito custeio agrícola PF;

*LINHA<sub>CUSTEIO\_PEC\_PF</sub>* = linha de crédito custeio pecuário PF;

*LINHA<sub>CUSTEIO\_PEC\_PF\_SEMIÁRIDO</sub>* = linha de crédito custeio pecuário PF – Semiárido;

*PRAZO<sub>DO\_CONTRATO</sub>* = prazo do contrato em dias.

### 4.2.3 Qualidade do ajuste do modelo

A fim de avaliar a qualidade do ajuste do modelo, podem-se utilizar dois testes: Teste Qui-Quadrado da mudança no valor de  $-2VL$  e o Teste de Hosmer e Lemeshow. Os resultados estão dispostos na TABELA 16.

TABELA 16 - Teste de Hosmer e Lemeshow

Qui-Quadrado	Graus de Liberdade	Sig.
7,245	8	0,510

Fonte: elaborada pelo autor

Por meio do Teste de Hosmer e Lemeshow, obteve-se como resultado, uma estatística Qui-Quadrado igual a 7,245 e um *p-value* de 0,510. O resultado leva-se a não rejeição da hipótese nula. Esse resultado é favorável para os objetivos do estudo.

Na TABELA 17 é possível observar o detalhamento de contingência do Teste de Hosmer e Lemeshow. Nota-se que, em cada grupo, o número esperado pelo modelo é próximo do observado.

TABELA 17 - Detalhamento da Tabela Contingência - Teste Hosmer e Lemeshow

Grupos	Grupo = 0 Adimplente		Grupo = 1 Inadimplente		Total
	Observado	Esperado	Observado	Esperado	
1	42	42.094	8	7.906	50
2	41	37.729	9	12.271	50
3	32	34.010	18	15.990	50
4	30	31.180	20	18.820	50
5	29	28.615	21	21.385	50
6	19	24.810	31	25.190	50
7	26	21.068	24	28.932	50
8	19	16.552	31	33.448	50
9	8	9.550	42	40.450	50
10	4	4.392	46	45.608	50

Fonte: elaborada pelo autor

Quando modelos estatísticos são elaborados, é importante validar seus resultados de forma a quantificar seu poder discriminativo e identificar um procedimento ou método como bom ou não para determinada análise.

#### 4.2.4 Qualidade preditiva do modelo

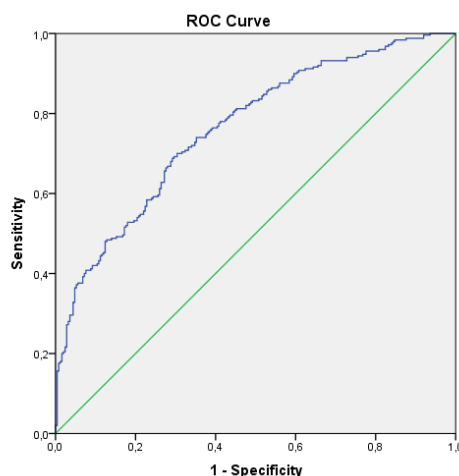
Avaliando a Curva ROC para o modelo empregado, verifica-se que a área sob a curva corresponde ao valor de 0,76, demonstrando um, aceitável poder de discriminação, conforme TABELA 18 e GRAFICO 17.

TABELA 18 - Resultados da Curva ROC

			Intervalo de Confiança (95%)	
Ponto de corte	Desvio-Padrão	Sig.	Limite Inferior	Limite Superior
0,76	0,02	0,0	0,72	0,80

Fonte: Elaborada pelo autor

GRÁFICO 17 - Gráfico da Curva ROC do modelo



Fonte: SPSS

Ao analisar o intervalo de confiança para o valor do ponto de corte, apresentado pela TABELA 18, é possível notar que o mesmo valor está entre os valores 0,72 e 0,80 ao nível de 95% de confiança, ou seja, têm-se indícios significativos de que o verdadeiro valor do ponto de corte está entre os valores citados acima e ainda assim, nos leva a uma conclusão positiva sobre o modelo escolhido.

A TABELA 19 apresenta os resultados obtidos pelo modelo de regressão logística proposto durante a etapa de Calibração. Na fase de Calibração, o modelo classificou corretamente 72,8% dos clientes adimplentes e 63,6% dos clientes inadimplentes, obtendo percentual total de acertos de 68,2%.

TABELA 19 - Classificação do Modelo de Regressão Logística Proposto

Grupo		Previsto pelo modelo		% de acertos
		Adimplente	Inadimplente	
Observado	Adimplente	182	68	72,8%
	Inadimplente	91	159	63,6%
Percentagem total de acertos				68,2%

Fonte: Elaborada pelo autor

#### 4.3 Validação do Modelo de Risco de Crédito

Para a validação final do modelo ajustado, foi considerada uma base de teste com 202 clientes, sendo 101 do grupo de clientes adimplentes e 101 do grupo de clientes inadimplentes. Submetendo a base de teste ao modelo de Regressão Logística, anteriormente ajustado, obtiveram-se os resultados que serão apresentados a seguir.

Avaliando a área sob a Curva ROC, que foi correspondente a 0,75 conclui-se que o modelo tem uma capacidade razoável para discriminar os clientes adimplentes dos inadimplentes, conforme TABELA 20.

TABELA 20 - Resultados da Curva ROC - VALIDAÇÃO

			Intervalo de Confiança (95%)	
Ponto de corte	Desvio-Padrão	Sig.	Limite Inferior	Limite Superior
0,75	0,02	0,0	0,71	0,79

Fonte: elaborada pelo autor

Na amostra de teste, o modelo classificou corretamente 76,2% dos clientes adimplentes e 63,3% dos inadimplentes, sendo a porcentagem total de acertos de 69,8%, de acordo com os resultados apresentados na TABELA 21.

TABELA 21 - Classificação do Modelo de Regressão Logística para a Amostra Teste

Grupo		Previsto pelo modelo		% de acertos
		Adimplente	Inadimplente	
Observado	Adimplente	77	24	76,2%
	Inadimplente	37	64	63,3%
Percentagem total de acertos				69,8%

Fonte: Elaborada pelo autor

Desta forma, considerando os valores da área sob a curva ROC e dos percentuais de acertos na amostra de teste, com base nos parâmetros que foram apresentados neste trabalho, fica comprovada a validade do modelo e sua capacidade para discriminar os adimplentes dos inadimplentes, de forma aceitável, segundo a escala da TABELA 3.

## 5 PRODUTO TÉCNICO

Conforme descrito neste trabalho, definiu-se como um dos objetivos específicos deste trabalho a elaboração de uma prototipação no *software* Microsoft Excel, como o primeiro passo para o possível desenvolvimento de um sistema, visto que a instituição estudada não possui um modelo específico de avaliação de crédito direcionado para o segmento de crédito rural PF.

A ferramenta desenvolvida contém as variáveis independentes selecionadas, com seus respectivos coeficientes, de modo a possibilitar à instituição financeira, ainda que de forma inicial, operacionalizar o modelo de *Credit Scoring*, voltado para a avaliação de risco de crédito de operações destinadas ao segmento de crédito rural PF.

Para utilizar o produto desenvolvido, basta preencher os campos em branco da planilha 1 com os dados do cliente, solicitados no rótulo da coluna. Para os casos de divisão da variável em categorias, os rótulos contêm os respectivos valores a serem informados.

Preenchidos os campos necessários, será calculada, automaticamente, a probabilidade de inadimplência do cliente avaliado a partir da equação desenvolvida neste trabalho. Para aqueles que apresentaram a probabilidade de ser adimplente (valor menor que 50%), o valor do campo Probabilidade de Inadimplência aparecerá na cor verde. Para os demais, na cor vermelha.

A FIGURA 5 apresenta o *layout* da ferramenta, onde são inseridos os dados do cliente a ser avaliado.

A ferramenta desenvolvida multiplica os valores informados pelo analista nos campos, com base nas informações do cliente, pelos respectivos coeficientes das variáveis, calculando a probabilidade de um cliente se tornar inadimplente, por meio da equação desenvolvida neste trabalho.

O resultado da ferramenta visa subsidiar a decisão da instituição financeira pela aprovação ou não da concessão do crédito ao pretendente.

Por fim, a segunda planilha, bloqueada para edição, contém os coeficientes da equação.

FIGURA 5 – Layout da Aba Classificação

Indivíduo	Idade	Sexo	Instrução	Ocupação principal	Ocupacao não comprovada	Linha crédito	Prazo contrato	PROBABILIDADE DE INADIMPLÊNCIA
	Em anos	0=M 1=F	0=Analfabeto/EF Incompleto 1=EF Completo 2=EM Completo 3=E Superior/Pós-graduação	0=Empregado 1=Conta-própria 2=Empregador 3=Outros 4=Não remunerado	0=Não 1=Sim	0=Outros 1=Custeio Agr PF – Cron 2=Custeio Pec PF – Cron 3=Custeio Pec PF – Semiárido	Em dias	
João	55	0	3	1	1	2	350	17,33%
Antônio	40	0	2	2	0	3	350	84,97%

Fonte: Elaborada pelo autor



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As perspectivas da OCDE-FAO para o período 2014/2023 podem significar uma oportunidade e um desafio ao agronegócio brasileiro. Todavia, para manter o ritmo de expansão da produção e das exportações agropecuárias, consolidando o Brasil na posição de liderança em diversos segmentos no mercado agrícola mundial, faz-se necessário o desenvolvimento de medidas e regulamentos, convencionais e inovadores, nos mercados financeiros, na busca de recursos para o financiamento do agronegócio.

Em razão de suas particularidades, o setor agropecuário está sujeito a maiores riscos, quando comparado a outras atividades econômicas, sendo que estes riscos influenciam no atendimento às necessidades dos produtores no que tange aos recursos para financiamento da produção e do investimento. Desta forma, os agentes financeiros envolvidos, buscam desenvolver mecanismos de gerenciamento e avaliação que possibilitem a redução de potenciais perdas.

Portanto, um dos objetivos específicos desta pesquisa foi propor um modelo de avaliação de risco de crédito, a partir das variáveis selecionadas e apresentadas, voltado para o segmento de crédito rural para pessoas físicas, utilizando como base de dados os contratos liquidados dentro do prazo, no período entre fevereiro de 2014 e fevereiro de 2015, e os contratos inadimplentes, em fevereiro de 2015, em conjunto com informações específicas do setor de agronegócios, presentes na literatura utilizada.

O processo de seleção de variáveis iniciou-se com a constituição de uma base de dados única, por meio da união dos dados fornecidos pela instituição financeira e indicadores específicos disponibilizados pelo mercado.

Na literatura pesquisada, não foram identificados outros trabalhos que buscaram propor uma ferramenta de *Credit Scoring* com a utilização de variáveis independentes específicas do agronegócio.

Da base de dados disponibilizada, contendo as variáveis utilizadas pela instituição financeira na metodologia de avaliação atual, foram consideradas informações cadastrais relativas à idade, sexo, estado civil, grau de instrução, bens imóveis, bens móveis, região, renda bruta mensal, renda líquida mensal, ocupação principal, ocorrência de ocupação não comprovada, e existência de relacionamento com outra instituição financeira.

As informações acrescentadas durante a pesquisa se referem à: linha de crédito pretendida, prazo do contrato, valor do contrato, atividade, produto, projeção da produção, projeção de exportação, projeção de consumo, evolução histórica da produção, variação histórica do VBP e precipitação histórica.

A base de dados finalizada para o desenvolvimento deste estudo iniciou com 6.734 contratos, sendo utilizados 702 contratos para o trabalho, divididos igualmente entre adimplentes e inadimplentes. A definição de inadimplência utilizada neste estudo considerou que o contrato estava em atraso por um período superior a 90 dias, em fevereiro de 2015.

Após a divisão da amostra em dois grupos, adimplentes e inadimplentes, para a aplicação do modelo de Regressão Logística, foi necessária nova divisão da amostra para encontrar o melhor modelo preditivo, etapa denominada de Calibração e depois validar o modelo encontrado, na etapa de Validação. Desta forma, foram utilizados 500 contratos na etapa de Calibração, e 202 contratos na etapa de Validação.

O método escolhido para seleção das variáveis foi o *forward stepwise* e a equação da regressão do modelo logit desenvolvido apresentou 7 variáveis: a) idade; b) sexo; c) grau de instrução; d) ocupação principal; e) ocupação não comprovada; f) linha de crédito; e g) prazo do contrato. As variáveis selecionadas registraram um alto poder de predição na diferenciação dos dois grupos avaliados, adimplente e inadimplente.

Os resultados do teste de Wald indicam que os coeficientes estimados para essas variáveis foram estatisticamente significativos. O resultado da Curva ROC também foi considerado estatisticamente satisfatório. No final, o modelo encontrado apresentou

um acerto geral de aproximadamente 70% na validação, o que sugere que o modelo final possui uma aceitável assertividade.

Adicionalmente ao modelo proposto, foi desenvolvida uma ferramenta, por meio do *software* Microsoft Excel, e entregue a instituição financeira, como um primeiro passo no processo de aperfeiçoamento do sistema de avaliação de risco de crédito atualmente utilizado.

A ferramenta apresentada contém as variáveis independentes selecionadas durante o trabalho, com seus respectivos coeficientes, e busca operacionalizar o novo modelo de *Credit Scoring*, direcionado ao crédito rural PF, proposto.

Ressalta-se que existe a necessidade de um monitoramento e acompanhamento do modelo para garantir a assertividade e efetividade, uma vez que são consideradas variáveis comportamentais.

Essa postura é justificada devido ao acesso aos dados confidenciais de clientes – principalmente os de idoneidade e de relacionamento. Acredita-se que parte significativa dos clientes da carteira de crédito não gostaria de saber que agentes externos tiveram acesso aos seus dados (cadastrais, patrimoniais, financeiros e de idoneidade), uma vez que isso poderia reduzir o volume de negócios, ou até mesmo encerrar o relacionamento.

Apesar dos resultados satisfatórios, ratificados pelos testes aplicados, não deve se esgotar com este trabalho, a busca por variáveis específicas do agronegócio, dada a gama de atividades que compõe o setor e a necessidade de aperfeiçoamento dos modelos de avaliação de risco de crédito, buscado sempre uma maior acurácia.

Uma oportunidade de estudo está no segmento de crédito rural para pessoas jurídicas, que apesar de utilizar uma ferramenta fundamentalista, pode ganhar em escala caso a instituição financeira passe a adotar uma ferramenta estatística para essa finalidade.

Outra sugestão para futuros trabalhos é o estudo do impacto de outras variáveis relacionadas ao agronegócio, não abordadas neste estudo, a fim de apurar sua significância na predição da adimplência ou inadimplência de novos clientes no segmento de crédito rural para pessoas físicas.

## REFERÊNCIAS

ABDOU, H. A.; POINTON, J. Credit Scoring, Statistical Techniques and Evaluation Criteria: a review of the literature. **Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management**, v. 18, p. 59-88, 2011.

ALMEIDA, L. F.; ZYLBERSZTAJN, D. Crédito agrícola no Brasil: uma perspectiva institucional sobre a evolução dos contratos. **Internext – Revista Eletrônica de Negócios Internacionais**. São Paulo, v. 3, n. 2, p. 267-287, ago./dez. 2008.

ARAÚJO, E. A.; CARMONA C U. M. Desenvolvimento de modelos de Credit Scoring com abordagem de regressão logística para a gestão da inadimplência de uma instituição de microcrédito. **Revista Contabilidade Vista & Revista**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 107-131, jul./set. 2007.

ARAÚJO, P. F. C. **Política de crédito rural**: reflexões sobre a experiência brasileira. 1ª ed. Brasília: CEPAL-IPEA, 2011.

ARAÚJO, P. F. C. **Assimetria de informação no crédito rural**: aspectos teóricos e um modelo para classificação do risco dos créditos concedidos a cooperativas agropecuárias. 1996. 81 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE AGRONEGÓCIO DA REGIÃO DE RIBEIRÃO PRETO (ABAGRP). **Conceito de Agronegócio**. Disponível em <<http://www.abagrp.org.br/agronegocioConceito.php>>. Acesso em: 24 jul. 2014.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS EXECUTIVOS DE FINANÇAS, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE (ANEFAC). Disponível em: <<http://www.anefac.com.br/>> Acesso em: 30 mar. 2015.

BAER, W. **Economia Brasileira**. 2ª ed. São Paulo: Ed. Nobel, 2002.

BANCO CENTRAL DO BRASIL (BACEN). **Manual do Crédito Rural**. 579 ed. Brasília. 2014. Disponível em: <<http://manuais.bc/mcr/>> Acesso em: 20 jan. 2015.

BANK FOR INTERNATIONAL SETTLEMENTS (BIS). **About BIS**. Disponível em: <<http://www.bis.org/about/index.htm>>. Acesso em: 29 jul. 2014.

BERRY, M. LINOFF, G. **Data Mining Techniques**. New York: Wiley, 1997.

BIGNOTTO, E. C.; BAROSSO FILHO, M.; SAMPAIO, R. A gestão do risco de mercado em organizações do agronegócio. **Resenha BM & F**, Brasília, n. 161, p. 26-32, mai. 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola (MAPA). **Plano agrícola e pecuário 2013/2014**. Brasília, 2013. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/acs/PAP20132014-web.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/acs/PAP20132014-web.pdf)>. Acesso em: 29 jul. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

BRIGHAM, E. F.; GAPENSKI, L. C.; EHRHARDT, M. C. **Administração financeira: teoria e prática**. São Paulo: Atlas, 2001.

CAUOETTE J. B., ALTMAN E. I., NARAYANAN P. **Gestão do risco de crédito: o próximo grande desafio financeiro**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1999.

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA). GPD AGRIBUSSINES – Brazil Outlook. **Relatório PIB Agro-Brasil**. Dezembro 2013. Disponível em: <[http://www.cepea.esalq.usp.br/comunicacao/Cepea\\_PIB\\_BR\\_dez13.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/comunicacao/Cepea_PIB_BR_dez13.pdf)>. Acesso em: 27 jul. 2014.

CHEREGATI, J. W. S. **Determinantes do score de crédito e tempo até inadimplência para empréstimos comerciais a pessoas físicas**. 2008. 132 f. Dissertação (Mestrado em Economia do Setor Público) – Departamento de Economia, Universidade de Brasília – UNB, Brasília, 2008.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **Balço 2013 e Perspectivas para 2014 do Setor Agropecuário**. Disponível em: <[http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/001Balan%C3%A7o2013\\_Perspectivas2014\\_Web.pdf](http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/001Balan%C3%A7o2013_Perspectivas2014_Web.pdf)>. Acesso em: 27 jul. 2014.

DEFANTE, M. *et. al.*. O Papel do Crédito Agrícola Brasileiro e sua Distribuição por Estratos de Produtores. **Revista Teoria e Evidências Econômicas**. Passo Fundo, v. 7, n. 12, p 87-110, mai. 1999.

DUTRA, M. S. **Uma abordagem alternativa de *credit scoring* usando Análise Discriminante**: eficiência na concessão de crédito para o segmento das pessoas físicas no Brasil. 2008. 87 f. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática e Computacional) – Centro de Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET, Belo Horizonte, 2008.

FACHIN, O. **Fundamentos de Metodologia**. 5ª ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

FAUSETT, L. **Fundamentals of Neural Networks**, 1ª ed. Englewood-Cliffs: Prentice-Hall, 1994.

FENSTERSTOCK, F. Credit Scoring and the next step. **Business Credit**, v. 107, n. 3, p.46-49, New York: National Association of Credit Management. Disponível em: <<http://www.docstoc.com/docs/111524695/CREDIT-SCORING-AND-THE-NEXT-STEP>>. Acesso em: 21 jan. 2015.

FIELD, A. **Descobrimos a estatística usando o SPSS**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FRANCISCO. J. R. S. **Risco de crédito em cooperativas**: um estudo de caso no segmento das instituições de ensino superior. 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Estudos Administrativos de Minas Gerais - FEAD, Belo Horizonte, 2006.

FREDERICO, S. Desvendando o Agronegócio: financiamento agrícola e o papel estratégico do sistema de armazenamento de grãos. **Revista GEOUSP – Espaço e Tempo**, São Paulo, n. 27, p. 47-61, 2010.

GEVERT, V. G. **Análise de crédito bancário com o uso de modelos de Regressão Logística, Redes Neurais e Support Vector Machine**. 2009. 133 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Paraná, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GONÇALVES, E. B. **Análise de risco com uso de modelos de regressão logística, redes neurais e algoritmos genéricos**. 2005. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

GONÇALVES, E. B.; GOUVÊA, M. A.; MANTOVANI, D. M. N. Análise de risco de crédito com aplicação de regressão logística e redes neurais. **Revista Contabilidade Vista & Revista**, Belo Horizonte, v. 24, n. 4, p. 96-123, out./dez. 2013.

GOZER, I. C. *et. al.*. Avaliação de insolvência em cooperativas de crédito: uma aplicação de redes neurais artificiais e do sistema PEARLS. **Informe Gepec**, Toledo, v. 18, n. 1, p. 6-30, jan./jun. 2014.

HAIR JR, J. *et. al.*. **Análise multivariada de dados**. 6ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

HAYKIN, S. **Redes Neurais Princípios e Prática**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S. **Applied Logistic Regression**. New York: Wiley, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Contas Nacionais Trimestrais**: indicadores de volume e valores correntes, 1º trimestre de 2014. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/pib/pib-vol-val\\_201401\\_8.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/pib/pib-vol-val_201401_8.shtm)>. Acesso em: 30 jul. 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Climatologia**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>>. Acesso em: 02 mar. 2015.

LANE, P. R.; McQUADE, P. Domestic credit growth and international capital flows. **The Scandinavian Journal of Economics**, v. 116, n. 1, p. 218-252, jan. 2014.

LEWIS, E. M. **An Introduction to Credit Scoring**. San Rafael: Fair Isaac and Co. Inc., 1992.

LIMA, F. G. *et. al.*. Aplicação de redes neurais na análise e na concessão de crédito ao consumidor. **Revista de Administração da Universidade de São Paulo**, São Paulo, v. 44, n. 1, p. 34-45, jan./fev./mar. 2009.

LIMA, F. A. P. **Práticas em Gestão de Sistemas de Credit Scoring e Portfólio de Crédito em Instituições Financeiras Brasileiras**. 2011. 121 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Administração de Empresas de São Paulo, Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2011.



MAGALHÃES, P. A; BARROS, L. C; MÁRIO, P. C. Desenvolvimento de um modelo de *credit scoring* para uma cooperativa de crédito de Minas Gerais. In: Encontro Brasileiro de Pesquisadores em Cooperativismo, 2010, Brasília. **Anais...** Brasília, 2010.

MÁRIO, P. C. **Contribuição ao estudo da solvência empresarial:** uma análise de modelos de previsão – estudo exploratório aplicado em empresas mineiras. 2002. 227 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

MARQUES, P. V.; MELLO, P. C. **Mercados futuros de commodities agropecuárias:** exemplos e aplicações aos mercados brasileiros. São Paulo: BM & F, 1999.

MARQUES, P. V. Mercados futuros e de opções agropecuários. In: ZYLBERSZTAJN, D.; NEVES, M. F. (Org.). **Economia e gestão dos negócios agroalimentares.** São Paulo: Pioneira, 2000. p. 211-234.

MARTINS, C. M. F. **Opções Reais e Diversificação na Produção Agrícola:** determinação dos limites de entrada/saída e valoração de opções de conversão em investimento em lavoura de culturas temporárias. 2009. 230 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

MATOS, P. F. Agronegócio no Sudeste Goiano e as Disputas pelo Uso do Território. **ACTA Geográfica (UFRR).** Boa Vista, v. 1, p. 153-165, 2013.

MATTAR F. Novo modelo de estratificação socioeconômica para marketing pesquisas de marketing. 2º SEMEAD. **Anais...** São Paulo, 21 e 22 out. 1997.

MICHEL, M. H. **Metodologia e Pesquisa Científica em Ciências Sociais.** 2ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MINAS GERAIS (Estado), Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento de Minas Gerais. Subsecretaria do Agronegócio. **Perfil do Agronegócio Brasileiro.** Julho 2014. Disponível em: <[http://www.agricultura.mg.gov.br/images/files/perfil/perfil\\_brasil1.pdf](http://www.agricultura.mg.gov.br/images/files/perfil/perfil_brasil1.pdf)>. Acesso em: 27 jul. 2014.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2013.

OLIVEIRA, José Adilson de. **O que significa agronegócio?** Disponível em: <<http://www.seea.org.br/artigojoseadilson2.php>> Acesso em: 24 jul. 2014.

ORGANIZAÇÃO PARA COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO (OCDE/FAO), **OECD-FAO Agricultural Outlook 2014-2023**, OECD Publishing and FAO. Disponível em: <[http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2014\\_agr\\_outlook-2014-en#page1](http://www.keepeek.com/Digital-Asset-Management/oecd/agriculture-and-food/oecd-fao-agricultural-outlook-2014_agr_outlook-2014-en#page1)>. Acesso em: 07 jul. 2014.

PAULA, G. A. **Modelos de regressão com apoio computacional.** Disponível em <[http://people.ufpr.br/~lucambio/CE225/2S2011/texto\\_2010.pdf](http://people.ufpr.br/~lucambio/CE225/2S2011/texto_2010.pdf)>. Acesso em: 21 jan. 2015.

PRATES, D. M.; CUNHA, A. M. O efeito-contágio da crise financeira global nos países emergentes. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA POLÍTICA, 14., 2009, São Paulo. **Anais...** São Paulo: PUC-SP, 2009. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/17137>>. Acesso em: 10 jun. 2015.

PRATES, D. M.; FARHI, M. A crise financeira internacional, o grau de investimento e a taxa de câmbio do real. **Texto para Discussão IE/UNICAMP**, Campinas, n. 164. P. 1-26, ago. 2009.

RESENDE, L. C. B. **Um modelo para avaliação de risco em uma cooperativa de crédito: um estudo de caso do Sicoob Nossacoop.** 2014. 148 f. Tese (Doutorado em Administração) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

SANTOS, J. O. **Análise de Crédito: empresas, pessoas físicas, varejo, agronegócio e pecuária.** 5ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.

SANTOS, J. O.; FAMÁ, R. Avaliação da aplicabilidade de um modelo de *credit scoring* com variáveis sistêmicas e não-sistêmicas em carteiras de crédito bancário rotativo de pessoas físicas. **Revista de Contabilidade Financeira**, São Paulo, n. 44. p. 105-117, mai./ago. 2007.

SAUNDERS, A. **Medindo o risco de crédito: novas abordagens para value at risk e outros paradigmas.** 1 ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2000.

SECURATO, J. R. (Coord.). **Crédito: análise e avaliação do risco: pessoas físicas e jurídicas**. 1. ed. São Paulo: Saint Paul, 2002.

SEMEDO, D. P. V. **Credit Scoring: aplicação da regressão logística vs redes neurais artificiais na avaliação do risco de crédito no mercado Cabo-verdiano**. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Estatística e Gestão da Informação) – Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2009.

SERASA Experian. **Demanda do consumidor por crédito recua 0,5% em 2014, aponta Serasa Experian**. Disponível em: <<http://noticias.serasaexperian.com.br/demanda-do-consumidor-por-credito-recua-05-em-2014-aponta-serasa-experian/>>. Acesso em: 30 mar. 2015.

SICSÚ, A. L. **Credit Scoring: desenvolvimento, implantação e acompanhamento**. São Paulo: Blucher, 2010.

SILVA, J. P. **Gestão e análise de risco de crédito**. 7ª ed. São Paulo: Atlas, 2013.

SPOLADOR, H. F. S. **Reflexões sobre a experiência brasileira de financiamento da agricultura**. 2001. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Econômicas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

STUCHI, L. G. **Quantificação de risco de crédito: uma aplicação do modelo creditrisk+ para financiamento de atividades rurais e agroindustriais**. 2003. 120 f. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

TRIOLA, M. F. **Introdução à Estatística**. 7ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 1999.

## APÊNDICE A – TABELA DE CORRELAÇÃO DE SPEARMAN

Correlação de Spearman																												
	Idade	Sexo	Estado civil	Grau de instrução	Fonte pagadora	Ocupação principal	Renda bruta	Renda líquida	Ocupação não comprovada	Renda não comprovada	Imóveis	Veículos	Relac. com outra IF	Região	Linha de crédito	Prazo do contrato	Valor do contrato	Finalidade	Atividade	Produto	Projeção produção	Projeção consumo	Projeção exportação	Evolução histórica produção	Variação histórica VBP	Precipitação histórica		
Idade	1,000																											
Sexo	-,066	1,000																										
Estado civil	-,276	,140	1,000																									
Grau de instrução	,001	,036	-,135	1,000																								
Fonte pagadora	,049	,100	-,006	-,109	1,000																							
Ocupação não comprovada	,035	,085	,057	-,276	,450	1,000																						
Renda bruta	,076	-,111	-,079	,350	-,516	-,516	1,000																					
Renda líquida	,063	-,100	-,072	,352	-,529	-,514	,992	1,000																				
Ocupação não comprovada	,014	,100	,015	-,127	,359	,252	-,419	-,421	1,000																			
Renda não comprovada	,004	,085	-,018	-,050	,293	,204	-,347	-,348	,958	1,000																		
Imóveis	-,038	,050	,015	-,129	,075	,102	-,059	-,071	-,022	-,061	1,000																	
Veículos	-,040	,059	,059	-,080	,048	,086	-,090	-,099	,094	,058	,741	1,000																
Relac. com outra IF	-,119	,058	,055	-,115	,005	,053	-,068	-,075	-,022	-,061	,533	,491	1,000															
Região	,039	,067	-,129	,070	-,093	-,137	,069	,073	,051	,071	-,040	-,016	-,030	1,000														
Linha de crédito	,051	-,076	,062	-,135	,207	,162	-,112	-,124	,039	-,040	,067	,058	,040	-,449	1,000													
Prazo do contrato	,075	-,035	,016	-,017	,085	,079	-,017	-,023	-,118	-,135	,084	,051	,003	-,152	,477	1,000												
Valor do contrato	,001	,013	-,034	,311	-,244	-,146	,323	,328	-,212	-,119	-,103	-,147	-,081	-,154	-,242	-,114	1,000											
Finalidade	,019	-,002	,011	,016	-,022	,009	-,021	-,022	-,018	-,017	-,028	-,073	-,002	,113	-,257	,096	,083	1,000										
Atividade	,078	-,071	-,015	-,072	,122	,116	-,007	-,015	-,056	-,082	,060	,059	-,005	-,289	,699	,696	-,193	-,038	1,000									
Produto	,196	-,055	-,118	-,063	,109	,093	-,018	-,028	,012	-,016	,029	,017	-,038	-,083	,331	,319	-,114	-,026	,472	1,000								
Projeção produção	,078	,088	-,187	-,033	,002	-,029	-,024	-,020	,095	,103	,002	-,015	-,014	,147	-,158	-,148	,039	-,027	-,240	,356	1,000							
Projeção consumo	,078	,088	-,187	-,033	,002	-,029	-,024	-,020	,095	,103	,002	-,015	-,014	,147	-,158	-,148	,039	-,027	-,240	,356	1,000	1,000						
Projeção exportação	-,148	-,017	,189	,064	-,036	-,018	,014	,016	-,030	-,019	,005	,021	,010	-,073	-,083	-,115	,019	-,011	-,108	-,750	-,786	-,786	1,000					
Evolução histórica da	-,156	-,029	,189	,049	-,061	-,028	,024	,027	-,016	,000	,006	,032	,017	-,040	-,116	-,138	,012	,012	-,146	-,794	-,767	-,767	-,975	1,000				
Variação histórica VBP	,128	,049	-,160	-,042	,034	,011	-,005	-,006	,104	,103	,028	,031	-,027	,083	-,014	-,028	-,015	-,031	-,024	,593	,865	,865	-,793	-,769	1,000			
Precipitação histórica	-,045	-,044	,111	-,084	,144	,155	-,097	-,096	,074	,056	,055	,018	-,027	-,721	,344	,101	,047	-,103	,210	,069	-,112	-,112	,071	,054	-,036	1,000		

## APÊNDICE B—ESCORES DAS VARIÁVEIS SELECIONADAS

		Model if Term Removed			
Variable		Model Log Likelihood	Change in - 2 Log Likelihood	df	Sig. of the Change
Step 1	Linha_credito_M	-346.968	53.745	3	.000
Step 2	Grau_intrucacao_M	-320.142	23.715	3	.000
	Linha_credito_M	-331.001	45.433	3	.000
Step 3	Grau_intrucacao_M	-314.291	24.517	3	.000
	Linha_credito_M	-321.923	39.781	3	.000
	Prazo_contrato	-308.483	12.902	1	.000
Step 4	Sexo	-302.039	7.691	1	.006
	Grau_intrucacao_M	-310.809	25.232	3	.000
	Linha_credito_M	-319.459	42.531	3	.000
	Prazo_contrato	-305.060	13.733	1	.000
	Idade	-298.200	5.633	1	.018
Step 5	Sexo	-298.862	6.957	1	.008
	Grau_intrucacao_M	-307.803	24.839	3	.000
	Linha_credito_M	-316.901	43.037	3	.000
	Prazo_contrato	-302.571	14.377	1	.000
	Idade	-292.408	7.039	1	.008
	Sexo	-291.083	4.389	1	.036
Step 6	Grau_intrucacao_M	-300.519	23.260	3	.000
	Ocupacao_principal_M	-295.408	13.037	4	.011
	Linha_credito_M	-305.287	32.796	3	.000
	Prazo_contrato	-295.844	13.909	1	.000
	Idade	-290.419	7.065	1	.008
	Sexo	-289.362	4.950	1	.026
	Grau_intrucacao_M	-298.600	23.426	3	.000
Step 7	Ocupacao_principal_M	-295.074	16.375	4	.003
	M				
	Ocupacao_nao_comprovada_M	-288.892	4.011	1	.045
	Linha_credito_M	-303.658	33.543	3	.000
	Prazo_contrato	-293.178	12.583	1	.000