

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA (PIMES)**

REGILDA DA COSTA E SILVA MENÊZES

**AVALIAÇÃO DA CORRUPÇÃO EM PROCESSOS DE  
LICITAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO REDES BAYESIANAS**

RECIFE / 2014

REGILDA DA COSTA E SILVA MENÊZES

**AVALIAÇÃO DA CORRUPÇÃO EM PROCESSOS DE  
LICITAÇÃO PÚBLICA UTILIZANDO REDES BAYESIANAS**

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Economia, área de concentração em Métodos Quantitativos, da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título Doutor em Economia.

Orientador: Francisco de Sousa Ramos

Co-orientador: Paulo Renato Alves Firmino

RECIFE / 2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

Catálogo na Fonte  
Bibliotecária Ângela de Fátima Correia Simões, CRB4-773

- M543a Menêzes, Regilda da Costa e Silva  
Avaliação da corrupção em processos de licitação pública utilizando redes bayesianas / Regilda da Costa e Silva Menêzes. - Recife : O Autor, 2014.  
117 folhas : il. 30 cm.
- Orientador: Prof. Dr. Francisco de Sousa Ramos e co-orientador Prof. Dr. Paulo Renato Alves Firmino  
Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, CCSA, 2014.  
Inclui referências e apêndices.
1. Corrupção. 2. Fatores socioeconômicos. 3. Licitação pública. I. Ramos, Francisco de Sousa (Orientador). II. Firmino, Paulo Renato Alves (Co-Orientador). III. Título.
- 33 CDD (22.ed.) UFPE (CSA 2014 – 081)

CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

DEPARTAMENTO DE ECONOMIA  
PIMES/PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE TESE DO DOUTORADO EM  
ECONOMIA DE:

**REGILDA DA COSTA E SILVA MENÊZES**

A Comissão Examinadora composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera a Candidata Regilda da Costa e Silva Menêzes **APROVADA**.

Recife, 30/04/2014.

---

**Prof. Dr. Francisco de Sousa Ramos**  
Orientador

---

**Prof. Dr. Paulo Renato Alves Firmino**  
Co-Orientador e Examinador Externo/UFCA

---

**Prof. Dr. Enivaldo Carvalho da Rocha**  
Examinador Externo/UFPE/ Deptº. Ciência Política

---

**Prof. Dr. Enrique Andrés López Droguett**  
Examinador Externo/UFPE/Deptº. Eng. da Produção

---

**Prof. Dr. Jeronymo José Libonati**  
Examinador Externo/UFPE/ Deptº. Ciências Contábeis

---

**Profª. Drª. Márcia Maria Guedes Alcoforado de Moraes**  
Examinador Interno

A minha filha, Maria Eduarda, por ter enchido minha vida de alegria, amor e carinho.

Ao meu esposo, Eduardo André, pelo amor, dedicação, força e principalmente pela compreensão, incentivo e ajuda sempre presente.

Aos meus pais, Reginaldo e Maria Thereza, pelo amor que me dedicam e, sobretudo pelo exemplo de fé, força e esperança que me estimulam a cada dia.

As minhas irmãs, Regimére e Regilma e suas respectivas famílias pelo apoio, amizade e companheirismo.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, em primeiro lugar, porque Nele deposito a minha confiança, esperança e principalmente a minha vida.

A minha família, pelo amor, confiança e estímulo.

Ao meu esposo, pela paciência e pelas horas de incansáveis ajuda e dedicação.

Ao professor Francisco Ramos, pela oportunidade que me foi dada, pela confiança, orientação e, sobretudo pelo aprendizado.

Ao professor e amigo Paulo Renato, por sua valiosa contribuição a este trabalho, além da orientação, motivação e estímulo sempre presentes.

Ao grupo de pesquisa: Economia da Corrupção, pelo companheirismo e experiência adquirida em etapas de estudo e trabalho vencidas, das quais esta tese contempla também sua contribuição.

A todos os meus colegas do PIMES, pelo convívio e amizade.

A FACEPE pelo apoio financeiro proporcionado durante o doutorado.

## RESUMO

Este trabalho analisa os fatores que levam um gestor público a cometer irregularidades, utilizando como determinantes da corrupção as variáveis socioeconômicas dos municípios brasileiros e algumas características dos seus prefeitos. O trabalho proposto aqui usa dados obtidos dos relatórios de fiscalização da Controladoria Geral da União (CGU) e pode ser considerado pioneiro por avaliar a corrupção especificamente nos processos de licitação pública, por apresentar uma taxonomia dentro desse contexto e por usar um modelo causal baseado em redes Bayesianas.

Redes Bayesianas diferem de modelos tradicionais de regressão porque, além de utilizarem um número maior de variáveis, identificam as variáveis que possuem relação direta ou indireta com o número de irregularidades, dispensam suposições restritivas sobre as suas distribuições de probabilidade subjacentes e permitem a agregação de dados e opiniões de especialistas.

O resultado da aplicação de testes estatísticos não paramétricos sobre os dados da CGU mostrou as relações de dependência existentes entre as variáveis e parece descrever bem como estas variáveis se relacionam, pois corrobora com a literatura. As variáveis que apresentaram relações diretas com o número de irregularidades contabilizadas pela CGU nos municípios foram: número de pessoas residentes, região onde se localiza e seus meios de comunicação. Tanto pessoas residentes quanto veículos de comunicação apresentaram correlação positiva com o número de irregularidades. A região Nordeste exerceu grande influência sobre o aumento do número de irregularidades.

O modelo adotado capturou as relações de dependência entre as variáveis associadas ao número de irregularidades, ou seja, também existe uma relação de dependência entre pessoas residentes e comunicação e entre pessoas residentes e região. Enquanto que em modelos de regressão tradicionais supõe-se que as variáveis explicativas são independentes.

As inferências realizadas através de diagnósticos e prognósticos permitiram um melhor conhecimento sobre as causalidades envolvidas nas irregularidades encontradas nos processos de licitação pública.

*Palavras-chave: Corrupção, Fatores Socioeconômicos, Licitação Pública, Redes Bayesianas.*

## ABSTRACT

This thesis investigates the illicit actions of public manager and uses socioeconomic factors and characteristics of mayors as determinants of corruption at the municipal level in Brazil. This work uses the number of irregularities identified in supervision reports of the CGU (general controller for brazilian union) and can be considered pioneer by assessing corruption in public bidding processes, by presenting a taxonomy within these context and by using a causal model based on Bayesian networks.

Bayesian networks differ from traditional statistical regression models by using a larger number of variables, since they involve variables directly and indirectly related to the number of irregularities, by discarding independence assumptions among covariates, and by allowing the aggregation of datasets and opinions.

The result of nonparametric hypothesis tests has showed the existence of dependence between variables and seems to reasonably describe how these variables relate, agreeing with the studies present in literature. Variables that showed a direct relationship with the number of irregularities have been: number of residents in the city, the region and vehicles of communication. Both residents and vehicles of communication have showed positive correlation with the number of irregularities. The brazilian northeast region has presented great influence on the increase of the number of irregularities.

The model has captured the dependency relationships between the variables that showed a direct dependency with the number of irregularities. In other words, there also are dependency relationships between residents and communication and between residents and the region. While traditional models using regressions assume that the explanatory variables are independent.

The inferences made through diagnostic and prognostic allowed a better understanding of the causalities involved in the irregularities found in public bidding processes.

Keywords: Corruption, Socioeconomic Factors, Public Bidding, Bayesian Networks.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 3.1 REDE BAYESIANA REFERENTE AO PROBLEMA DA CORRUPÇÃO .....	37
FIGURA 3.2 CONEXÃO EM SÉRIE .....	38
FIGURA 3.3 CONEXÃO DO TIPO CAUSA COMUM .....	38
FIGURA 3.4 CONEXÃO DO TIPO EFEITO COMUM .....	38
FIGURA 4.1 FLUXOGRAMA DA METODOLOGIA PROPOSTA .....	42
FIGURA 4.2 FREQUÊNCIA DE ILÍCITOS ENCONTRADOS EM LICITAÇÕES PÚBLICAS.....	57
FIGURA 4.3 FREQUÊNCIA DE ILÍCITOS POR MINISTÉRIO EM LICITAÇÕES PÚBLICAS. ....	58
FIGURA 4.4 FREQUÊNCIA DE ILÍCITOS ENCONTRADOS EM LICITAÇÕES PÚBLICAS ENVOLVENDO O MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO.....	59
FIGURA 4.5 FREQUÊNCIA DE ILÍCITOS ENCONTRADOS EM LICITAÇÕES PÚBLICAS ENVOLVENDO O MINISTÉRIO DA SAÚDE.....	60
FIGURA 4.6 GRAFO DAS RELAÇÕES DE DEPENDÊNCIA ENTRE AS VARIÁVEIS ENVOLVIDAS NO PROBLEMA.....	63
FIGURA 4.7 REDE BAYESIANA PARA A ALFABETIZAÇÃO .....	66
FIGURA 4.8 PERCENTUAL DE PESSOAS ALFABETIZADAS EM RELAÇÃO À MÉDIA DE PESSOAS RESIDENTES NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS.....	66
FIGURA 4.9 PERCENTUAL DE PESSOAS ALFABETIZADAS EM RELAÇÃO À MÉDIA DO IDHM NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS. ....	67
FIGURA 4.10 PERCENTUAL DE PESSOAS ALFABETIZADAS EM RELAÇÃO À MÉDIA DO ÍNDICE THEIL NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS. ....	67
FIGURA 4.11 REDE BAYESIANA PARA A ÁREA.....	69
FIGURA 4.12 ÁREA DOS MUNICÍPIOS EM RELAÇÃO À MÉDIA DA DISTANCIA DOS MUNICÍPIOS ÀS SUAS CAPITAIS.....	70
FIGURA 4.13ÁREA DOS MUNICÍPIOS EM RELAÇÃO À REGIÃO.....	70
FIGURA 4.14 ÁREA DOS MUNICÍPIOS EM RELAÇÃO À MÉDIA DO IDHM (EDUCAÇÃO) DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS. ....	71
FIGURA 4.15 ÁREA DOS MUNICÍPIOS EM RELAÇÃO À MÉDIA DA RECEITA TRIBUTARIA DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS. ....	71
FIGURA 4.16 ÁREA DOS MUNICÍPIOS EM RELAÇÃO À MÉDIA DAS PESSOAS RESIDENTES NOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS. ....	72

FIGURA 4.17 ÁREA DOS MUNICÍPIOS EM RELAÇÃO À MÉDIA DO ÍNDICE THEIL DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS.....	72
FIGURA 4.18 ÁREA DOS MUNICÍPIOS EM RELAÇÃO À MÉDIA DOS VOTOS PERCENTUAIS DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS. ....	73
FIGURA 4.19 ÁREA DOS MUNICÍPIOS EM RELAÇÃO À MÉDIA DOS VOTOS TOTAIS DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS.....	73
FIGURA 4.20 ÁREA DOS MUNICÍPIOS EM RELAÇÃO À COMUNICAÇÃO DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS.....	74
FIGURA 4.21 ÁREA DOS MUNICÍPIOS EM RELAÇÃO À MÉDIA PERCENTUAL DE POBREZA DOS MUNICÍPIOS BRASILEIROS. ....	74
FIGURA 4.22 REDE BAYESIANA PARA A COMUNICAÇÃO .....	76
FIGURA 4.23 VOTOS PERCENTUAIS EM RELAÇÃO AOS NÍVEIS DE COMUNICAÇÃO. ....	76
FIGURA 4.24 VOTOS TOTAIS EM RELAÇÃO AOS NÍVEIS DE COMUNICAÇÃO. ....	77
FIGURA 4.25 NÚMEROS DE IRREGULARIDADES EM RELAÇÃO AOS NÍVEIS DE COMUNICAÇÃO. ..	77
FIGURA 4.26 REDE BAYESIANA PARA A DISTÂNCIA .....	78
FIGURA 4.27 PESSOAS RESIDENTES EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA DOS MUNICÍPIOS A CAPITAL.....	79
FIGURA 4.28 IDADE DOS PREFEITOS EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA DOS MUNICÍPIOS A CAPITAL. ....	79
FIGURA 4.29 THEIL EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA DOS MUNICÍPIOS A CAPITAL. ....	80
FIGURA 4.30 RECEITA TRIBUTÁRIA EM RELAÇÃO À DISTÂNCIA DOS MUNICÍPIOS A CAPITAL.....	80
FIGURA 4.31 REDE BAYESIANA PARA A ESCOLARIDADE DO PREFEITO. ....	81
FIGURA 4.32 REDE BAYESIANA PARA O ÍNDICE DE THEIL.....	82
FIGURA 4.33 THEIL EM RELAÇÃO A PESSOAS RESIDENTES E DENSIDADE POPULACIONAL. ....	82
FIGURA 4.34 THEIL EM RELAÇÃO À REGIÃO.....	83
FIGURA 4.35 REDE BAYESIANA PARA A IDADE DOS PREFEITOS. ....	83
FIGURA 4.36 REDE BAYESIANA PARA O IDHM. ....	84
FIGURA 4.37 IDHM EM RELAÇÃO À REGIÃO.....	85
FIGURA 4.38 VOTOS TOTAIS EM RELAÇÃO AO IDHM. ....	85
FIGURA 4.39 VOTOS PERCENTUAIS EM RELAÇÃO AO IDHM.....	86
FIGURA 4.40 IDHM EM RELAÇÃO A PESSOAS RESIDENTES.....	86
FIGURA 4.41 REDE BAYESIANA PARA O IDHM_EDUCAÇÃO .....	87
FIGURA 4.42 IDHM_EDUCAÇÃO EM RELAÇÃO A REGIÃO. ....	88
FIGURA 4.43 REDE BAYESIANA PARA PESSOAS RESIDENTES. ....	89
FIGURA 4.44 VOTOS PERCENTUAIS EM RELAÇÃO A PESSOAS RESIDENTES.....	89

FIGURA 4.45 PESSOAS RESIDENTES EM RELAÇÃO À REGIÃO. ....	90
FIGURA 4.46 REDE BAYESIANA PARA O PIB PER CAPITA. ....	91
FIGURA 4.47 PIB PER CAPITA EM RELAÇÃO À RECEITA TRIBUTÁRIA. ....	91
FIGURA 4.48 PIB PER CAPITA EM RELAÇÃO À REGIÃO. ....	92
FIGURA 4.49 REDE BAYESIANA PARA A REGIÃO. ....	92
FIGURA 4.50 VOTOS PERCENTUAIS EM RELAÇÃO À REGIÃO. ....	93
FIGURA 4.51 NÚMERO DE IRREGULARIDADES EM RELAÇÃO À REGIÃO. ....	93
FIGURA 4.52 POBREZA EM RELAÇÃO À REGIÃO. ....	94
FIGURA 4.53 RECEITA TRIBUTÁRIA EM RELAÇÃO À REGIÃO. ....	94
FIGURA 4.54 REDE BAYESIANA PARA RECEITA TRIBUTÁRIA. ....	95
FIGURA 4.55 REDE BAYESIANA PARA REELEITO. ....	95
FIGURA 4.56 VOTOS PERCENTUAIS EM RELAÇÃO A REELEITO. ....	96
FIGURA A1 DISTRIBUIÇÃO QUI-QUADRADO .....	112

## LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 PROBABILIDADES CONJUNTAS REFERENTES AO PROBLEMA DA CORRUPÇÃO .....	40
TABELA 4.1 TAXONOMIA DE ILÍCITOS EM LICITAÇÃO (PARTE 1).....	45
TABELA 4.2 TAXONOMIA DE ILÍCITOS EM LICITAÇÃO (PARTE 2).....	46
TABELA 4.3 TAXONOMIA DE ILÍCITOS EM LICITAÇÃO (PARTE 3).....	47
TABELA 4.4: VARIÁVEIS PARA AVALIAÇÃO DA DEPENDÊNCIA.....	48
TABELA 4.5 RESULTADO DOS TESTES APLICADOS PARA ANÁLISE DAS DEPENDÊNCIAS ENTRE AS VARIÁVEIS EM TERMOS DO P-VALOR.....	62
TABELA 5.1 PROBABILIDADES OBTIDAS A PARTIR DA ANÁLISE DE DIAGNÓSTICO SOBRE O NÚMERO DE IRREGULARIDADES.....	98
TABELA 5.2 PROBABILIDADES OBTIDAS A PARTIR DA ANÁLISE DE PROGNÓSTICO SOBRE O NÚMERO DE IRREGULARIDADES.....	99
TABELA A1 CLASSIFICAÇÃO DAS VARIÁVEIS QUANTO À SUA NATUREZA .....	111
TABELA A2: CORRELAÇÕES ENTRE VARIÁVEIS.....	116

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1 OBJETIVOS.....	22
1.1.1 <i>Objetivo Geral</i> .....	22
1.1.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	22
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>23</b>
2.1 ASPECTOS ECONÔMICOS DA CORRUPÇÃO.....	23
2.2 CORRUPÇÃO NA GESTÃO MUNICIPAL .....	25
2.3 CORRUPÇÃO EM LICITAÇÕES PÚBLICAS.....	29
2.4 MENSURAÇÃO DA CORRUPÇÃO .....	31
<b>3. TÉCNICA BAYESIANA PROPOSTA .....</b>	<b>33</b>
3.1 INFERÊNCIA BAYESIANA.....	34
3.2 REDES BAYESIANAS .....	34
3.2.1 <i>Nós e Valores</i> .....	35
3.2.2 <i>Estrutura</i> .....	35
3.2.3 <i>Probabilidades Condicionais</i> .....	36
3.2.4 <i>Condição Markoviana</i> .....	37
3.2.5 <i>Independência condicional</i> .....	37
3.2.6 <i>d – Separação</i> .....	39
3.2.7 <i>Cálculo da distribuição de probabilidades correspondente à rede</i> .....	39
<b>4. METODOLOGIA PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DA CORRUPÇÃO EM LICITAÇÕES PÚBLICAS.....</b>	<b>42</b>
4.1 TAXONOMIA PARA CORRUPÇÃO EM PROCESSOS DE LICITAÇÃO PÚBLICA .....	43
4.2 FATORES DETERMINANTES DA CORRUPÇÃO EM PROCESSOS DE LICITAÇÃO PÚBLICA.....	48
4.2.1 <i>Descrição das variáveis índices e indicadores envolvidos</i> .....	52
4.2.1.1 Theil.....	52
4.2.1.2 IDHM.....	53
4.3 BANCOS DE DADOS PARA QUANTIFICAR A CORRUPÇÃO EM PROCESSOS DE LICITAÇÃO PÚBLICA.....	55
4.4 RELAÇÃO DE DEPENDÊNCIA EXISTENTE ENTRE AS VARIÁVEIS .....	61

4.5 IDENTIFICAÇÃO DAS RELAÇÕES DE DEPENDÊNCIAS EXISTENTES PARA MONTAGEM DA REDE BAYESIANA .....	63
4.5.1 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Alfabetização. ....	65
4.5.2 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Área do município. ....	68
4.5.3 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Comunicação do município. ....	75
4.5.4 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Distância do município à capital.....	78
4.5.5 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Escolaridade do prefeito.....	81
4.5.6 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com o índice de Theil.....	81
4.5.7 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Idade do prefeito.....	83
4.5.8 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com o IDHM.....	84
4.5.9 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com o IDHM_educação. ....	87
4.5.10 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com o número de Pessoas residentes no município. ....	88
4.5.11 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com o PIB per capita. ....	90
4.5.12 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Região....	92
4.5.13 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Receita tributária.....	95
4.5.14 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com Reeleito.....	95
<b>5. RESULTADOS OBTIDOS DO MODELO PROPOSTO.....</b>	<b>97</b>
5.1 ANÁLISES DE DIAGNÓSTICOS REALIZADOS NAS REDES BAYESIANAS .....	97
5.2 PROBABILIDADES OBTIDAS A PARTIR DE PROGNÓSTICOS REALIZADOS NAS REDES BAYESIANAS.....	98
5.3 PRINCIPAIS RELAÇÕES DE DEPENDÊNCIAS INDIRETAS COM O NÚMERO DE IRREGULARIDADES .....	99

<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>102</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>111</b>
APÊNDICE 1 .....	111
APÊNDICE 2.....	115

## **1.INTRODUÇÃO**

A corrupção política reduz o crescimento e o desenvolvimento econômico, comprometendo a qualidade do investimento em infraestrutura e serviços públicos (Mauro, 1995). Atos ilícitos distorcem a alocação de gastos públicos (Mauro, 1997; Tanzi e Davoodi, 1997). Recursos alocados indevidamente e a má gestão governamental reduzem a qualidade de bens e serviços públicos causando danos à sociedade, os quais podem ser sensivelmente percebidos na má qualidade de serviços básicos, tais como: educação, saúde, saneamento e abastecimento. Segundo Rose-Ackerman (1999), a corrupção diminui os níveis de serviços sociais disponíveis à população carente, e conseqüentemente aumenta a pobreza.

Desvios de recursos públicos também podem criar barreiras à competitividade, a qual está altamente comprometida com a infraestrutura. Podem-se observar exemplos bem atuais de problemas neste aspecto como o caso da falta de infraestrutura e planejamento para escoar a produção brasileira de soja causando atraso no embarque e conseqüentemente cancelamento de compra de importadores<sup>1</sup>.

A corrupção também pode reduzir a taxa de investimento privado (Mauro, 1995). As evidências de corrupção afastam o investidor, pois o mesmo passa a não acreditar no sucesso do seu investimento.

Embora que a contestação de atos corruptos seja ainda um desafio, as conseqüências ou efeitos da corrupção podem ser evidenciados. O grande problema diz respeito às causas da corrupção, ou seja, quais os fatores que influenciam no comportamento corrupto de um agente público. Na teoria, a maioria das pessoas acredita que executar atos ilícitos não é certo. Porém, na prática, o incentivo que motiva o comportamento do indivíduo em uma situação de corrupção muitas vezes compensa o custo do ato ilegal. Becker (1968) desenvolve um modelo sobre escolhas criminosas sujeito ao raciocínio econômico de comparação entre ganhos e custos esperados. O autor considera que as pessoas otimizam suas funções utilidade avaliando a relação custo/benefício de suas ações.

A literatura mostra várias definições para o termo corrupção, porém todas elas possuem um ponto em comum: a ilegalidade. Shleifer e Vishny (1993) definem corrupção como a venda de propriedade do governo efetuada pelos funcionários públicos para ganho pessoal. Para Jain (2001) há um consenso de que corrupção refere-se a atos nos quais o poder do cargo público é usado para ganhos pessoais de uma forma que transgride as regras do jogo. No

---

<sup>1</sup>< <http://www.aprosoja.com.br/noticia/china-cancela-compra-de-soja-do-brasil-por-caoa-do-atraso-na-entrega/>>

contexto do presente trabalho, a corrupção pode ser definida como a realização de ações ilegais para obtenção de ganho pessoal.

Segundo Aidt (2003), a corrupção ocorre quando um agente público decide aceitar vantagem em uma transação que envolve suborno. Dessa forma, o receptor do suborno cria um benefício ao subornador. Da perspectiva do “doador” do suborno, o preço pago ao receptor é bastante pequeno quando comparado com o benefício obtido. A corrupção envolve órgãos públicos, instituições privadas e a sociedade como um todo. Neste sentido, a corrupção pode ser vista como uma característica persistente da sociedade no tempo e espaço.

Durante muitos anos, o problema da corrupção foi subestimado pelos governos, organizações internacionais e especialistas. Primeiro, porque a corrupção foi considerada uma questão política e cultural. Segundo, porque acreditava-se que era impossível medir a corrupção. Dessa forma, a eliminação da corrupção não foi, a princípio, objetivo de reforma de desenvolvimento econômico (Martinez-Vazquez *et al.*, 2007). Com o passar do tempo e com a falta de eficácia das abordagens tradicionais, percebeu-se que boas práticas do governo possuem um papel fundamental no desenvolvimento econômico. A partir daí, deu-se uma maior atenção a corrupção.

Desde trabalhos de Rose-Ackerman (1975), Becker (1968), Banfield (1975), Becker e Stigler (1974) e Tanzi (1998), os estudos de corrupção tem avançado de forma bastante significativa. Jain (2001) apresenta uma revisão bibliográfica da corrupção.

A corrupção está presente em maior ou menor grau nos diversos tipos de regime político e econômico dos países em geral. Porém, de todas as manifestações de corrupção, uma se destaca por sua magnitude e consequências sobre a economia: aquela que afeta licitações públicas. Em qualquer país, o Estado é o maior consumidor de bens e serviços, e tudo isso é, ou deveria ser, sujeito a licitação pública. Uma expressiva parcela do PIB de todos os países corresponde a licitações. No agregado dos países membros da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico), por exemplo, a porcentagem é cerca de 7,5%, e isso contando apenas contratações realizadas pelos governos centrais. Em países em desenvolvimento, esse percentual tende a ser mais elevado devido ao peso relativamente maior dos investimentos em infraestrutura (Abramo e Capobianco, 2004). Abusando de seu poder discricionário, agentes públicos, em troca de propinas, podem favorecer determinadas empresas, que aproveitam as vantagens obtidas para realizarem lucros extraordinários. O resultado desse processo é uma perda significativa de eficiência no uso dos recursos públicos, em prejuízo de toda a sociedade.

A introdução de ineficiências causadas pela corrupção impede o desenvolvimento econômico. Portanto, existe uma grande necessidade prática de entender como a corrupção pode se manifestar, como ela pode ser explicada e como ela pode ser prevista. É necessário utilizar ferramentas adequadas para medir a corrupção com uma maior precisão. Assim, o problema será melhor avaliado e políticas adequadas poderão ser desenvolvidas.

Porém, o maior obstáculo para o combate da corrupção diz respeito às dificuldades encontradas em mensurá-la devido a sua natureza de clandestinidade (Shleifer e Vishny, 1993). A ilegalidade da corrupção faz com que ela não possa ser medida através de estatísticas oficiais ou de perguntas diretas sobre o envolvimento de pessoas em atos corruptos.

Usualmente os especialistas que estudam os efeitos da corrupção utilizam pesquisas de corte transversal, ou seja, se vêem forçados a confiar nas pesquisas de opinião ou percepção que perguntam aos indivíduos pelos níveis de corrupção em uma localidade. Uma das medidas indiretas utilizadas é o Índice de Percepções de Corrupção de Transparência Internacional (IPCTI). Apesar destas pesquisas de opinião conterem valiosa informação, existem algumas razões porque elas podem não apresentar uma representação precisa da corrupção. O significado de corrupção é subjetivo e pode variar grandemente de um país para outro. Além disso, os tipos de atividades corruptas podem ser substancialmente diferentes em cada país, fazendo com que uma comparação do nível geral de corrupção seja muito mais difícil.

Uma estratégia de modelagem amplamente utilizada é o modelo principal-agente. O uso deste modelo permite perceber os prejuízos que a corrupção traz para a eficiência econômica. Usando a teoria principal-agente, os modelos fornecem uma visão das relações entre os participantes de um ato corrupto com diversas suposições, como a assimetria de informações e os diferentes tipos de custos. Porém, existem deficiências neste modelo como, por exemplo, a desconsideração do contexto em que o provável ato ilícito poderá ocorrer. Segundo Engel (2006), a maior deficiência do modelo Principal Agente é o tratamento isolado da corrupção, ignorando o quadro institucional que permite a corrupção. Na realidade, fatores como cultura e moralidade não importam, são ignorados por este formalismo. Lanyi e Azfar (2005) comentam que um entendimento completo das causas da corrupção depende de uma exata análise de suas características políticas e econômicas.

Jain (2001) sugere algumas explicações para a existência da corrupção. Primeiro, a presença do poder discricionário. Este poder deve incluir autoridade regulatória e administrativa. Segundo, deve existir renda associada a este poder. Terceiro, deve existir

baixa probabilidade de detecção e penalidade associada. Outras explicações apontam para o tamanho do Estado, grau de intervencionismo no mercado, complexidade da legislação local e grau de desenvolvimento (Ades e Tella, 1997; Rose-Ackerman, 1999; Treisman, 2000). Aidt (2003) comenta que a fragilidade das instituições cria incentivos para os agentes públicos extraírem rendas. Outro motivo associado à corrupção é o baixo salário (Mauro, 1998). Outra hipótese relaciona as características eleitorais à corrupção como o percentual de votos e elegibilidade (Della-Porta e Vannucci, 1999).

No Brasil, a nível municipal, outro problema associado à corrupção tem sido as irregularidades associadas à administração dos recursos provenientes das transferências federais para os municípios, as quais têm sido apontadas pela CGU (Controladoria Geral da União). A descentralização e flexibilização da gestão administrativa do Estado permitiram a distribuição de verbas e transferências de renda aos governos locais. Dessa forma, grande parte dos recursos federais transferidos ficam sob a responsabilidade das prefeituras, mas precisamente sob a autonomia do prefeito. Albuquerque e Ramos (2006) comentam que é raro encontrar evidências de corrupção em transferências sem o consentimento ou a participação dos mesmos. Gupta *et al* (2002) mostram que grande parte da má alocação de recursos é causada pela corrupção na máquina administrativa. Trevisan *et al.*(2003) apontam fortes indícios de corrupção em prefeituras municipais, tais como sinais exteriores de riquezas, resistência das autoridades a prestar contas, falta de publicidade dos pagamentos, nomeação de parentes para cargos públicos, entre outros.

Muitas das irregularidades encontradas nas prefeituras municipais ocorrem em processos de licitação pública. Mendes (2004) analisou as irregularidades constatadas pela CGU na gestão municipal do Fundo de Manutenção e Desenvolvimento do Ensino Fundamental e de Valorização do Magistério (FUNDEF) em 67 municípios brasileiros nos quais o FUNDEF recebe verbas. Tais municípios estão entre os mais pobres do país, não dispondo de recursos suficientes para garantir, sem a ajuda financeira da União, o valor mínimo por aluno estabelecido em lei. Entre os ilícitos encontrados, o autor constata que em primeiro lugar aparecem os ilícitos de fraude em processos licitatórios (média de 13% do total dos recursos do Fundo). Houve município em que essa porcentagem chegou a 55%.

Neste contexto, este trabalho pretende analisar os fatores causadores da corrupção em licitações públicas e apresenta redes Bayesianas como alternativa para modelagem da corrupção. Através de redes Bayesianas é possível avaliar os fatores que influenciam na

decisão do agente público cometer um ato ilícito, a importância de cada fator para ocorrência da corrupção nos processos de licitação pública e a relação de dependência entre esses fatores.

Redes Bayesianas são grafos acíclicos direcionados que permitirem uma fácil interpretação das relações causais entre as variáveis do problema através de uma representação gráfica, além de quantificarem estas relações por meio de probabilidades condicionais. Para a alimentação da rede Bayesiana que será proposta aqui, será utilizado um banco de dados criado a partir dos relatórios de fiscalização sobre as irregularidades apontadas pela CGU (Controladoria Geral da União). No entanto, uma das grandes vantagens de redes Bayesianas em relação a outras técnicas de modelagem trata-se da possibilidade de introduzir evidências subjetivas (opiniões de especialistas) diante da escassez de dados empíricos.

Utilizando a metodologia Bayesiana, este trabalho pretende avaliar a corrupção em licitações públicas aplicada a municípios brasileiros. Deseja-se avaliar quais são os fatores causadores da corrupção em licitações públicas, ou seja, pretende-se responder a várias perguntas, como por exemplo:

- *Municípios mais distantes da capital são mais corruptos?*
- *Municípios com maior desigualdade de renda são mais corruptos?*
- *Prefeitos no exercício do segundo mandato aumentam a corrupção?*
- *Municípios com maior número de veículos de comunicação são menos corruptos?*

No entanto, estes fatores podem ser resumidos em características dos municípios e características dos prefeitos. De uma maneira genérica, este trabalho pretende responder quais os fatores dentro destas características explicam a corrupção nos municípios. Neste contexto, dois grandes questionamentos podem ser feitos:

- I. Será que características municipais, tais como: localização do município, área, pessoas residentes, alfabetização, desigualdade, PIB per capita, receita tributária, a região a qual o município pertence, IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal), pobreza e número de veículos de comunicação influenciam a corrupção nos municípios?
- II. Será que características dos prefeitos, tais como: escolaridade, idade, o fato de ter sido reeleito e votos percentuais obtidos influenciam a corrupção nos municípios?

Alguns trabalhos analisam a corrupção em municípios brasileiros. Albuquerque e Ramos (2006) investigam os principais determinantes do comportamento fraudulento dos prefeitos, utilizando um banco de dados construído a partir dos relatórios da CGU. Melo (2010) utilizou os relatórios da CGU referentes a verbas do governo federal transferidas para 556 prefeituras e verificou que em 63,6% delas havia corrupção em áreas como Educação e Saúde. Ferraz *et al.* (2009) utilizaram os dados da CGU e mostraram evidências de que a corrupção tem importante consequência no aprendizado e desempenho escolar.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Analisar os fatores causadores da corrupção em licitações públicas utilizando redes Bayesianas com aplicação nos municípios brasileiros.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Identificar os fatores determinantes da corrupção;
- Coletar as informações sobre fatores socioeconômicos dos municípios brasileiros;
- Construir uma taxonomia para ilícitos cometidos em processos de licitação pública;
- Realizar uma análise preliminar de um banco de dados construído a partir dos relatórios de fiscalização da CGU;
- Identificar as relações de dependências entre os fatores determinantes da corrupção;
- Identificar as relações causais para construção da rede Bayesiana;
- Apresentar os resultados do modelo proposto.

## **2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Nos próximos parágrafos serão feitas abordagens dos principais temas teóricos, cujo conhecimento faz-se necessário para contextualizar o problema apresentado bem como as possíveis soluções.

### **2.1 Aspectos econômicos da corrupção**

O estudo da corrupção sob uma abordagem econômica é relativamente recente, tendo-se originado por volta da década de 1970. A modelagem do comportamento corrupto, de forma microeconômica, fundamenta-se no trabalho de Becker (1968). O autor considera que os indivíduos otimizam suas funções utilidade avaliando a relação custo/benefício de suas ações, ou seja, procura-se encontrar um “ponto ótimo” do ato ilegal, avaliando o ganho esperado como benefício e a penalidade esperada como custo.

Seguindo à luz de Becker (1968), Rose-Ackerman (1975) analisa a relação entre estrutura de mercado e incidência de corrupção em contratos governamentais. A autora analisa particularmente o caso da corrupção com um enfoque no modelo Principal-Agente. No modelo, o principal (governo) delega tarefas aos seus funcionários (agentes). Os agentes estão sujeitos a propostas de suborno. O problema da corrupção aparece justamente da diferença entre a função utilidade do principal e a do agente, pois o governo busca o ótimo social, já o funcionário busca o ótimo privado, o qual diverge do ótimo anterior. Como as informações são assimétricas, o agente conhece muito mais as suas ações do que o principal, conseqüentemente, o resultado é uma prática fora do ótimo social.

Além do raciocínio acima, Martinez-Vazquez *et al.* (2007) comentam que existem dois fatores que contribuem para a corrupção: em primeiro lugar, elementos que afetam a motivação ou trazem incentivos para agentes se envolverem em corrupção, e segundo, elementos que criam janelas de oportunidade para atividades corruptas. Os mesmos comentam que para uma política de combate à corrupção bem sucedida, é necessário compreender não apenas as motivações para a corrupção, mas também as oportunidades para a prática da corrupção. O incentivo pode ser visto como a maneira como o indivíduo avalia os custos e benefícios para a prática corrupta, já a oportunidade é dada pelos controles institucionais, tais como supervisão e outros que impeçam que os agentes públicos se envolvam em corrupção. Então, um funcionário público pode ter um incentivo para cometer atos de corrupção, mas a oportunidade pode não ser oferecida.

Segundo Acemoglu e Verdier (2000), falhas de mercado fazem o Estado intervir na economia almejando uma situação melhor para a sociedade. A intervenção, por sua vez, executada por agentes a serviço do governo, gera oportunidades de corrupção, como o modelo Principal-Agente propõe.

Shleifer e Vishny (1993) sustentam que a corrupção aparece com maior vigor quando: i) as instituições geram excesso de regulamentação e de centralização estatal; e ii) as instituições políticas não estão sob controle da maior parte da sociedade.

Vários estudos teóricos sobre corrupção têm associado os determinantes subjacentes da corrupção a sua interação com fatores institucionais e econômicos (Jain (2001), Aidt (2003), Mauro (1998), Treisman (2000) e Rose-Ackerman (1999)).

Mauro (1998) argumenta que a corrupção está relacionada ao grau de intervenção governamental da economia principalmente no caso em que há uma excessiva regulamentação econômica.

A corrupção na política surge da interface dos setores público e privado. Dessa forma, as causas da corrupção estão ligadas a organização institucional e ao poder discricionário das autoridades políticas (Rose-Ackerman, 1999). O poder discricionário é apontado por vários autores como causa da corrupção. Com este poder, os agentes públicos agem de acordo com seus interesses, visando extrair a maior quantidade de rendas possível, assim como no comportamento *rent seeking*. No entanto, Martinez-Vazquez *et al* (2007) comentam que a redução do poder discricionário além de trazer custos com implementação de sistemas de monitoramento, pode também trazer mais burocracia para a administração do governo.

Djankov *et al.* (2002) indicaram que o número de procedimentos, o tempo e os custos para lidar com a burocracia estatal (municipal, estadual, federal) para iniciar um novo empreendimento estão altamente correlacionados com o nível de corrupção dos países. Svensson (2005) também encontrou uma correlação positiva entre corrupção e o número de dias para se obter um status legal para operar um negócio.

Os baixos salários na função pública são também uma fonte de corrupção. Quando o salário é muito baixo, os funcionários públicos possuem incentivos para usar as suas posições em troca de propinas (Mauro, 1997).

O comprometimento dos investimentos é outro problema grave que a corrupção atinge. Olken (2006) avalia um programa redistributivo implementado na Indonésia através da comparação entre os montantes de recursos transferidos pelo governo central e os montantes recebidos pelos cidadãos, concluindo que a corrupção, ao longo do processo de transferência

de recursos, consumiu, pelo menos, 18% dos investimentos, comprometendo a eficácia do programa.

Os aspectos econômicos comentados acima são genéricos e muitas das pesquisas abordadas foram realizadas entre países. Como a aplicação deste trabalho é na esfera municipal do Brasil, o tópico a seguir aborda aspectos relevantes nesta direção.

## **2.2 Corrupção na gestão municipal**

A nova constituição brasileira de 1988 permitiu aos municípios a condição de entes federados, descentralizando a política, fiscal e administrativa. Esta medida beneficiou os municípios que passaram a ter autonomia com relação a taxas e impostos próprios e a receber repasses de receita tributária tanto dos Estados quanto da União.

Leite e Mello (2010) comentam que a ineficiência e iniquidade dos gastos sociais brasileiros têm sido frequentemente associadas por pesquisadores e atores políticos ao modelo centralizado que predominou durante o regime militar. Com a descentralização, os municípios contam com a garantia de recursos distribuídos pelo governo federal, independente de sua capacidade governativa, esforço tributário e lealdade política. Contudo, apesar de *seguir a receita* e apresentar uma melhoria expressiva dos indicadores sociais, os resultados permanecem aquém do esforço empreendido.

Na verdade, o que se percebe através da mídia é que grande parte dos recursos destinados a atender os programas de política pública dos municípios são desviados em esquemas de corrupção.

Neste sentido, são vários e graves escândalos que envolvem gestores públicos municipais tais como: desvio de recursos destinados a merenda escolar, desvio de verbas destinadas a investimentos em infraestrutura, fraude em processos de licitação pública e contratação de parentes. De uma maneira geral, são feitos desvios que impossibilitam a população ter acesso e qualidade nos serviços públicos básicos.

Auditorias feitas pela Controladoria Geral da União (CGU)<sup>2</sup> com base nas fiscalizações por sorteios no ano passado sobre a aplicação dos recursos do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), autarquia federal responsável pela execução de políticas educacionais do Ministério da Educação (MEC), aponta os seguintes fatos:

---

<sup>2</sup> As sínteses dos relatórios estão disponíveis em: <http://www.cgu.gov.br/>.

- Em 34,83% dos municípios fiscalizados foram encontradas irregularidades nos processos licitatórios para compra de merenda;
- Em 44,71% das cidades foram apontados problemas com o transporte escolar. Além das fraudes na concorrência, o estudo mostra que em 54,9% das cidades, os veículos que transportam as crianças não estão em conformidade com o Código de Trânsito Brasileiro (CTB) e em 26,47%, os motoristas não têm habilitação;
- O maior alvo de desvios é o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação (Fundeb), gerido pelo FNDE, usado para pagamento do salário dos professores, custeio de programas de melhoria da qualidade da educação, aquisição de equipamentos, construção e manutenção de escolas. Em 73,58% das cidades foram encontrados problemas como restrição à competitividade, montagem, direcionamento e simulação de processos licitatórios na compra de produtos e serviços custeados pelo Fundeb.

Os inúmeros casos de irregularidades encontrados na gestão municipal motivaram o interesse de pesquisadores pelo tema. Assim, a literatura apresenta vários trabalhos neste aspecto. Alguns trabalhos relevantes serão comentados a seguir.

Albuquerque e Ramos (2006) investigam os principais determinantes do comportamento fraudulento dos prefeitos, utilizando um banco de dados construído a partir de registros da CGU. Em seus achados, constatam que os indivíduos estão mais inclinados a ser corruptos quando se deparam com menores salários e maiores poderes discricionários. Ainda, como os prefeitos se preocupam com seus ganhos futuros, a possibilidade de reeleição funciona como restrição a corrupção no primeiro mandato. Há também fortes evidências de que municípios controlados por mulheres apresentam um nível de ilícitos esperado maior que os administrados por homens. Ainda, populações mais ricas e mais instruídas estão mais aptas a monitorar os administradores municipais e, por isso, limitam os desvios.

Ferraz et al. (2008) utilizaram novos indicadores de corrupção e má gestão em transferências feitas pelo governo federal para os municípios brasileiros para gastos com educação. Usando variação na incidência de corrupção entre municípios, estimaram o efeito de desvio de recursos sobre a aquisição de habilidade cognitiva de estudantes de ensino fundamental. Controlando por características socioeconômicas dos alunos, características das escolas e dos municípios, encontraram que a corrupção reduziu significativamente os

resultados da Prova Brasil em português e matemática em 2005. Além disso, a corrupção também afeta indicadores escolares diminuindo a taxa de aprovação dos estudantes e aumentando a taxa de abandono.

Brollo *et al.* (2010) combinam abordagens teóricas em cima de fatos concretos, com base em dados do Fundo de Participação dos Municípios (FPM), do Programa de Fiscalização de Recursos Federais a partir de Sorteios Públicos da CGU, e informações biográficas e eleitorais sobre prefeitos e candidatos a prefeitos da Justiça Eleitoral. De acordo com o estudo, um aumento de 10% nas transferências federais para os municípios brasileiros provoca uma alta da incidência de corrupção "em sentido amplo" de 12 pontos percentuais. Mais especificamente, o percentual de prefeitos que tiveram pelo menos um caso de corrupção saltaria de 71% para 83%, dentro de uma amostra de 606 gestões municipais aleatoriamente selecionadas.

Orth (2012) utilizou um modelo de regressão espacial e dados provenientes dos relatórios de fiscalização da CGU para analisar os fatores socioeconômicos da corrupção a nível municipal. Os resultados obtidos apontam para uma alta dependência espacial nos dados e indica que as variáveis mais significativas como determinantes da corrupção e que apresentaram correlação positiva com as irregularidades foram: o número de beneficiários do Programa Bolsa Família (utilizada como *Proxy* para pobreza), a taxa de analfabetismo de pessoas entre 7 e 14 anos e o valor do PIB na agricultura municipal.

Campos (2012) estima o impacto de um conjunto de variáveis sobre a probabilidade de que determinado município brasileiro seja classificado como de alta tendência à corrupção ou de baixa tendência à corrupção, a partir das irregularidades identificadas nos relatórios da CGU, que foram usadas para especificar a variável dependente de um modelo *logit*. Os resultados mostraram que os municípios que apresentam tendência alta à corrupção são aqueles que recebem muitas transferências de recursos com relação ao seu orçamento, possuem uma fraca atuação no controle social, tem baixo nível de desenvolvimento municipal, não são de baixa densidade demográfica e são vizinhos de municípios com problemas de corrupção.

Além de Brollo *et al.* (2010) e Campos (2012), a conclusão de que quanto maior o volume de recursos transferidos a um município, maior será o nível de corrupção observado também possui respaldo nos trabalhos de Albuquerque e Ramos (2006) e Miranda (2010).

Os autores que utilizam determinantes da corrupção em nível municipal como Albuquerque e Ramos (2006), Ferraz e Finan (2008) e Miranda (2010), usam os dados de

irregularidades identificadas pela CGU como *proxy* para corrupção. As irregularidades encontradas pela CGU não são necessariamente “Atos de corrupção”. Esta afirmação apenas pode ser feita depois dos processos terem sido julgados e os responsáveis condenados por seus atos ilícitos.

Já outros autores fizeram uma classificação das irregularidades como podem ser vistos em Batista (2013), Campos (2012) e Lopes (2011).

Batista (2013) divide as irregularidades em corrupção e má gestão. A autora aponta como corrupção, o superfaturamento e as irregularidades encontradas nos processos de licitação pública, tais como: direcionamento e ausência de concorrência.

Campos (2012) dividiu as irregularidades em “achados graves”, “achados médios” e “achados formais”. Os achados graves são irregularidades ligadas ao processo de licitação pública, tais como: sobrepreço, sobrefaturamento, desvios (não execução do objeto), irregularidades graves no processo licitatório (conluio e montagem de processo licitatório, contratação direta com evidências de direcionamento, beneficiamento entre outras falhas graves). Os achados médios são falhas na execução dos processos licitatórios e na execução de contratos que contrariam a legislação vigente e que podem contribuir diretamente para a ocorrência das irregularidades graves, tais como: ausência de publicação de atos relevantes (alterações de editais), restrição à competitividade, orçamento não detalhado, ausência de pesquisa de preço e de fiscalização da execução do contrato. Os achados formais decorrem de ineficiências e problemas administrativos como, por exemplo, pessoas desqualificadas, ausência de sistema de informação, de material e equipamento.

Lopes (2011) utiliza uma base de dados que codificou as irregularidades apontadas pela CGU, construída pelo Centro de Política e Economia do Setor Público da Fundação Getúlio Vargas (CESPES-FGV) com o apoio do banco mundial. Esta codificação separa as irregularidades provindas de corrupção daquelas que podem ter sido cometidas por incompetência administrativa. O autor trata como práticas ligadas à corrupção somente as constatações dos auditores diretamente ligadas a casos de irregularidades em processos de compras ou em processos licitatórios.

Diante das classificações comentadas acima e do fato do trabalho proposto aqui, envolver apenas as irregularidades encontradas em processos de licitação pública, parece razoável considerar as irregularidades como *proxy* da corrupção.

Ainda diante da polêmica associada à classificação das irregularidades provenientes da falta de conhecimento dos gestores ou de esquemas de corrupção, o presidente do Tribunal de

Contas da União (TCU), Augusto Nardes, comenta que são muitas as falhas de gestão dos recursos públicos detectadas pelo TCU que revelam essas duas características. No entanto, Nardes aponta que a má qualidade da gestão financeira, a falta de planejamento, o despreparo do pessoal técnico do setor público são deficiências que abrem o caminho para o sobrepreço das obras e das compras públicas e para a corrupção<sup>3</sup>.

### 2.3 Corrupção em licitações públicas

Este trabalho dedica-se ao estudo da corrupção associada à aquisição de bens e serviços pelo poder público. O processo licitatório está baseado em princípios constitucionais e tem a finalidade de proporcionar à Administração pública, a aquisição, a venda ou a prestação de serviço de forma vantajosa, ou seja, menos onerosa e com a melhor qualidade possível.

Algumas noções elementares sobre licitações públicas são encontradas em Barreto (2008) e estão abordadas a seguir.

Uma vez definido o objeto que se quer contratar, é necessário estimar o valor total da obra, do serviço ou do bem a ser licitado, mediante realização de pesquisa de mercado. É necessário, ainda, verificar se há previsão de recursos orçamentários para o pagamento da despesa e se esta se encontrará em conformidade com a Lei de Responsabilidade Fiscal<sup>4</sup>.

Após apuração da estimativa, deve ser adotada a modalidade<sup>5</sup> de licitação adequada (Concorrência, Tomada de preços, Convite, Concurso, Leilão e Pregão) com prioridade especial para o pregão, quando o objeto pretendido referir-se a bens e serviços comuns listados no Decreto nº 3.555/00, que regulamenta esta modalidade. A escolha da modalidade de licitação será determinada em função do valor estimado da contratação<sup>6</sup>.

Uma vez definida a modalidade, o agente público possui a responsabilidade de comparar diversas propostas de acordo com o tipo de licitação escolhida. A lei federal 8.666/93 discrimina, em seu artigo 45, os tipos de licitação:

---

<sup>3</sup> Opinião publicada no dia 14 de novembro de 2013 em <<http://www.estadao.com.br/noticias/impresso,ma-gestao-e-corrupcao>>.

<sup>4</sup> A Lei de Responsabilidade Fiscal (Lei Complementar nº 101, de 04/05/2000) estabelece, em regime nacional, parâmetros a serem seguidos relativos ao gasto público de cada ente federativo (estados e municípios) brasileiro.

<sup>5</sup> A lei n.º 8.666/93 e a Lei n.º 10.520/02 discriminam as modalidades de licitação.

<sup>6</sup> **Concorrência:** para obras e serviços de engenharia acima de R\$ 1.500.000,00 e compras e outros serviços acima de R\$ 650.000,00. **Tomada de preços:** para obras e serviços de engenharia abaixo de R\$ 1.500.000,00 e compras e outros serviços abaixo de R\$ 650.000,00. **Convite:** para obras e serviços de engenharia: de R\$ 15.000,00 até 150.000,00 e compras e outros serviços: de R\$ 8.000,00 até R\$ 80.000,00. **Pregão:** Não há limites de valores.

- Menor preço: vence a proposta com menor preço;
- Melhor técnica: vence a proposta com a melhor técnica que aceitar o valor da proposta mais baixa dentre todas com a técnica mínima exigida no edital;
- Técnica e preço: vence a proposta com a melhor nota atribuída considerando conjuntamente a técnica e o preço;
- Maior lance ou oferta: vence a proposta com o maior lance no caso de alienação de bens públicos.

A próxima tarefa consiste na elaboração do Edital (Descrição do Objeto, Prazo e Condições, Requisitos de Habilitação, Critérios para Julgamento e Condições de Pagamento).

Todas as etapas descritas acima correspondem à fase interna ou preparatória. A próxima fase consiste da parte externa do processo ou fase executória, onde será feita a publicação do instrumento convocatório, que é o meio de divulgação da existência da licitação. Posteriormente, apura-se a idoneidade e a capacidade dos licitantes para executar o objeto do futuro contrato através da apresentação das propostas e dos documentos relacionados nos arts. 27 a 31 da Lei 8.666/93.

Antes do julgamento das propostas, é feita uma análise das mesmas para verificação da viabilidade e/ou execução da contratação, assim como a conformidade da proposta com o instrumento convocatório. Nesta etapa, há uma classificação pela ordem de preferência, segundo critérios objetivos constantes do edital/convite. Após esta análise, ocorre o julgamento que é realizado conforme o tipo de licitação e demais critérios objetivos e públicos constantes no ato convocatório, edital ou carta convite, e nos artigos 43, 44 e 45 da Lei 8.666/93. A Comissão de Licitação ou o responsável pelo convite deve realizar o julgamento em conformidade com o tipo de licitação, exceto na modalidade “concurso”. Finalmente, a classificação dos participantes é definida e o licitante com melhor proposta torna-se o vencedor do certame.

Em qualquer uma das fases do processo da licitação pública, os agentes públicos podem cometer atos ilícitos.

Os efeitos da corrupção podem ser percebidos nos atos de improbidade administrativa: lesão ao erário e enriquecimento ilícito. A corrupção nas licitações pode ser comprovada a partir da avaliação de atos ilegais que envolvam a participação de agentes públicos, tais como: indicar o direcionamento da licitação, incluir no edital requisitos de habilitação ou de qualidade do objeto que somente uma das empresas pode atender, relevar falhas ou eliminar

concorrentes da empresa que se quer favorecer; solicitar ou receber propinas para produzir qualquer situação vantajosa para empresas participantes do processo de licitação.

Diante de tantos ilícitos cometidos em licitações públicas, faz-se necessário classificá-los para serem utilizados em um banco de dados. Portanto, o tópico 4.1 apresenta uma taxonomia para ilícitos ocorridos em licitações públicas. O tópico a seguir comenta sobre as formas de mensurar a corrupção.

## 2.4 Mensuração da corrupção

Existe uma grande dificuldade para quantificar a corrupção. Medir a corrupção é um grande desafio, como já foi comentado anteriormente. O maior desafio enfrentado na mensuração da corrupção é, obviamente, a natureza ilícita da atividade.

Atualmente, para mensurar a corrupção são utilizados indicadores de percepção, experimentos e controles internos.

A partir de 1996, a Transparência Internacional, organização não governamental de combate à corrupção, desenvolveu uma metodologia para o cálculo do indicador *Corruption Perceptions Index* (CPI), a qual está baseada em aplicação de questionários para membros de instituições e indivíduos envolvidos com comércio e relações internacionais sobre suas percepções acerca da corrupção nos países. Os resultados dos questionários são convertidos em dados e agregados para a construção do índice. O índice seleciona a percepção de corrupção em uma escala de 0 a 10. Quanto maior o índice, menor a corrupção<sup>7</sup>.

A partir destes dados, trabalhos empíricos investigaram a correlação entre o fenômeno da corrupção e características estruturais e institucionais dos países, em busca de fatores que determinassem a sua ocorrência.

Muitas críticas têm sido feitas ao CPI, pois além de ser uma medida subjetiva, possui a desvantagem de não identificar relações causais. Abramo (2005) comenta que a correlação entre a corrupção existente num país e a sua percepção pela população são fortemente influenciadas pelas mídias, devido à maneira como são transmitidas as notícias que envolvem suspeitas de corrupção. Deve-se levar em conta também que as percepções dos entrevistados podem sofrer alterações com o conhecimento das publicações dos anos anteriores. Olken

---

<sup>7</sup> Este índice vem sendo divulgado anualmente pela Transparência Internacional em <<http://cpi.transparency.org/>>.

(2009) comenta que os vieses existentes nas percepções podem levar à proposição de políticas públicas inadequadas.

Outra maneira de mensurar a corrupção é através de experimentos. A economia experimental permite superar a escassez de observações sobre a prática corrupta, gera dados concretos através do controle do ambiente e das características do sujeito em estudo. No entanto, os custos envolvidos para replicar um modelo conceitual no campo prático são bastante elevados. Trabalhos experimentais podem ser encontrados em Frank e Schulze (2000), Abbink (2004), Jacquemet (2005) e Barr e Serra (2010).

A corrupção também pode ser mensurada através de controles internos que buscam medidas objetivas relacionadas à corrupção de maneira direta ou indireta. Tais medidas são obtidas através de auditorias de controle interno. O trabalho proposto aqui utiliza este tipo de mensuração. A literatura apresenta alguns trabalhos nesta mesma linha, tais como: Olken (2006), Ferraz e Finan (2008), Ferraz *et al.* (2008), Brollo *et al.* (2010) e Albuquerque e Ramos (2006), os quais já foram comentados nos tópicos 2.1 e 2.2.

Antes de um melhor detalhamento desse tipo de mensuração e da abordagem metodológica utilizada, faz-se necessário a apresentação da técnica Bayesiana proposta neste trabalho, a qual será feita a seguir.

### 3. TÉCNICA BAYESIANA PROPOSTA

Existe uma grande necessidade prática de entender como a corrupção pode se manifestar, como ela pode ser explicada e como ela pode ser prevista. No entanto, para responder a estes questionamentos, é necessário entender as relações de causas e efeitos subjacentes a sistemas complexos.

De uma maneira geral, pode-se entender uma rede Bayesiana tanto como um documento gráfico de fácil interpretação sobre as causalidades inerentes ao problema, quanto uma estrutura de dados eficiente, uma vez que utiliza probabilidades condicionais (Firmino, 2004).

Rede Bayesiana além de permitir traduzir matematicamente a causalidade existente entre as variáveis de um problema (análise quantitativa), também possibilita uma representação gráfica das relações de dependência (análise qualitativa). Por isso, redes Bayesianas encontram diversas aplicações, inclusive na economia.

Demirer *et al.* (2005) mostram como redes Bayesianas podem ajudar no suporte a decisão para analistas de investimento e gestores de portfólio, principalmente ao incorporar no modelo de previsão, variáveis não quantitativas associadas a Finanças Comportamentais que por vezes se traduzem em viés nas projeções realizadas por modelos convencionais.

Janz *et al.* (2006) fazem uso de redes de Bayesianas para estimar os custos operacionais de um produto considerando a incerteza de diferentes condições operacionais. Como medidas diretas da probabilidade em muitos casos não são possíveis, conhecimento de especialistas precisam ser considerados, o que justifica o uso da técnica bayesiana para esta finalidade.

Chagas (2008) apresenta uma metodologia para levantamento de dados e aplicação de redes Bayesianas na obtenção de modelos de crescimento de fluxos de caixa de empresas brasileiras. Os resultados são comparados a modelos econométricos de regressão múltipla e finalmente comparados aos dados reais observados no período. Os autores identificam que as relações lineares entre variáveis que, em situações normais, explicam razoavelmente bem o crescimento dos fluxos de caixas de empresas, nos momentos de crise geram resultados muito distantes do real, ao passo que, redes Bayesianas apresentam resultados comparativamente melhores nestas situações, capturando não só as relações lineares, mas também as não lineares.

Souza e Ramos (2008) analisam como aspectos socioeconômicos e culturais influenciam o comportamento individual em situações típicas do problema de falência, impactando assim, nos resultados esperados para lei. Neste sentido, os autores adotam redes Bayesianas para

determinar a relação de causalidade entre as variáveis analisadas. Com isso, eles constataram comportamentos egoístas, altruístas e fraudadores, e que suas causas potenciais estão ligadas a aspectos como religião, inadimplência familiar, titularidade ou dependência de planos de saúde, entre outros. Os autores concluem que uma lei ótima de falência além de se adequar ao ambiente econômico, também deve considerar o perfil socioeconômico e cultural dos agentes. Dentro dessa linha de pesquisa, Sun e Shenoy (2007) utilizam Redes Bayesianas para criar a partir de dados históricos um modelo de previsão de Falência.

Diante deste contexto, as relações de causalidade obtidas através de redes Bayesianas podem ser aplicadas para fazer o reconhecimento de atos ilícitos. Estas relações providenciam caminhos mais consistentes para descrever e contabilizar estes atos.

Portanto, este trabalho apresenta redes Bayesianas como alternativa para modelagem da corrupção. Através de redes Bayesianas é possível avaliar os fatores que influenciam na decisão do agente público cometer um ato ilícito, a importância de cada fator para ocorrência da corrupção nos processos de licitação pública e a relação de dependência entre esses fatores.

Os tópicos a seguir apresentam redes Bayesianas com maiores detalhes.

### **3.1 Inferência Bayesiana**

A filosofia Bayesiana ou subjetiva atribui ao valor da probabilidade o grau de confiança (credibilidade) ou crença de uma pessoa acerca da ocorrência de dado evento de interesse. Tal grau de confiança é uma medida do conhecimento de uma pessoa sobre uma determinada proposição ou evento (Martz e Waller, 1982).

A inferência Bayesiana é relativamente simples quando envolve apenas duas variáveis. Porém, quando a quantidade de variáveis se eleva, tal inferência torna-se complexa (Neapolitan, 2004). Diante desta dificuldade, as redes Bayesianas são recomendadas para tratar sistemas complexos.

### **3.2 Redes Bayesianas**

Redes Bayesianas são estruturas gráficas que permitem representar razões ou argumentos no domínio da incerteza (Korb e Nicholson, 2003). Tratam-se de um grafo acíclico e direcionado, onde os nós representam as variáveis aleatórias (discretas ou contínuas) e os arcos representam as relações de causalidade diretas entre as variáveis. Os arcos são unidirecionais, de forma que partindo-se de qualquer um dos nós da rede, é impossível que se retorne ao mesmo nó. Assim, as conexões direcionadas são sempre conexões causais, ou seja, a direção dos arcos representa relações de causa e efeito entre as variáveis. Por exemplo, se

houver um arco indo de um nó A para um nó B, assume-se que o nó A representa uma provável causa de B e adota-se como nomenclatura que A é um dos pais de B. De maneira mais genérica, A é ancestral de B e B é descendente de A, se existe um caminho de A para B. Caso o nó não possua pais, ele é chamado de nó raiz.

As variáveis aleatórias e suas relações de causalidade são quantificadas por uma distribuição de probabilidades condicionais associando cada nó a seus prováveis causadores diretos.

Os tópicos seguintes são necessários para construção de uma rede, como também para melhor entendimento da estrutura Bayesiana.

### 3.2.1 Nós e Valores

O primeiro passo para construção de uma rede Bayesiana está relacionado à identificação das variáveis de interesse e depois, em representá-las através dos nós da rede.

Korb e Nicholson (2003) comentam que neste passo, é necessário responder as perguntas: *O que os nós representam? E que valores eles podem assumir?*

Alguns tipos de nós discretos são:

- Nós Booleanos: São proposições que assumem valores binários, isto é, verdadeiro ou falso;
- Valores ordenados: Um exemplo deste tipo de nó é a variável consequência, pois ela pode assumir valores do tipo: baixa, media e alta.

### 3.2.2 Estrutura

A estrutura ou topologia da rede Bayesiana deve capturar a relação de causalidade entre variáveis. Em particular, dois nós deveriam ser conectados direcionados se um é efeito ou causa do outro com um arco indicando a direção do efeito.

A única restrição existente na estrutura Bayesiana, como já foi comentado anteriormente, é que ela não pode ser cíclica.

Matematicamente, a rede Bayesiana é um par  $N=((V, E), P)$  onde  $(V, E)$  é um grafo direcionado representando os nós (ou vértices) e as arestas (ou arcos) respectivamente, e  $P$  é a distribuição de probabilidades a respeito de  $V$ . Variáveis aleatórias  $V=(X_1, X_2, \dots, X_n)$  são distribuídas para os nós, enquanto os arcos  $(E)$  representam a relação causal probabilística entre os nós.

### 3.2.3 Probabilidades Condicionais

Uma vez que a topologia da rede foi especificada, o próximo passo é quantificar a relação entre os nós conectados. Isto é feito pela atribuição da distribuição de probabilidades para cada nó, construindo assim, uma Tabela de Probabilidades Condicionais (TPC). Em se tratando de variáveis categóricas, para cada nó é necessário identificar todas as possíveis combinações dos seus nós pais. É necessário também identificar os possíveis valores, os quais as variáveis podem assumir. Para uma melhor compreensão, a Figura 3.1 mostra um exemplo hipotético de uma rede Bayesiana e as TPCs de cada variável. Esta rede mostra que a variável Z (Corrupção) apresenta como causas: as variáveis Y (Salário) e X (Suborno), ou seja, a corrupção pode ser consequência de um salário baixo (salário não condizente com o trabalho executado) e de um suborno alto. A variável Z, nesta rede, assume dois possíveis resultados: (*sim*) e (*não*). Já as variáveis X e Y assumem (*alto*) e (*baixo*). Portanto, o valor 0.70, exposto na TPC associada a variável X representa a probabilidade de um agente público receber uma proposta de um suborno alto.

O tamanho das TPCs depende da quantidade de pais que cada variável possui e do nº de possíveis resultados que ela pode assumir. Portanto, em se tratando de variáveis dicotômicas, cada nó de uma rede ( $X_i$ ) possui:

$$N^{\circ} \text{ de elementos de uma TPC} = 2^n \quad \text{Equação 3.1}$$

Onde:  $n$  é o número de pais que a variável possui.

A Figura 3.1 mostra que a variável Z possui dois pais (X e Y) e como todas estas variáveis assumem dois valores, a variável Z possui 4 probabilidades condicionais. Porém, considerando o complementar de cada probabilidade condicional, Z apresenta 8 probabilidades condicionais, enquanto X e Y apresentam 2 probabilidades condicionais como mostram as suas TPCs.

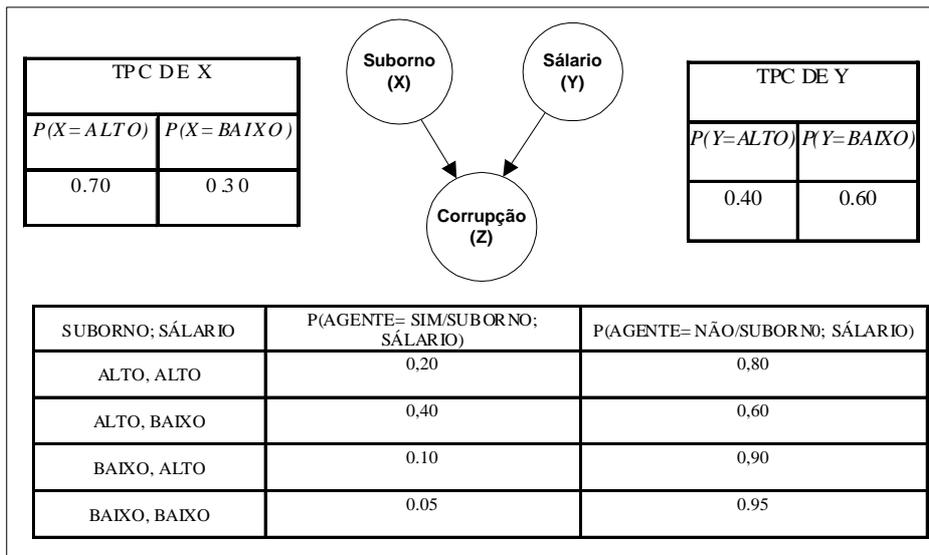


Figura 3.1 Rede Bayesiana referente ao problema da corrupção

### 3.2.4 Condição Markoviana

Uma das grandes características de processos markovianos diz respeito à suposição de falta de memória. Isto significa que se o atual estado do processo é conhecido, informações passadas são irrelevantes nas inferências sobre os seus estados futuros. Este é o conceito da condição Markoviana.

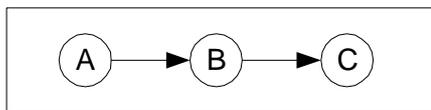
**3.1 Definição** (Condição Markoviana) Seja  $P$  a distribuição de probabilidade conjunta das variáveis aleatórias de um conjunto  $V$  e seja  $(V, E)$  um DAG (Grafo Acíclico Direcionado). É dito que  $N = ((V, E), P)$  satisfaz à condição Markoviana se para cada  $V$ , onde  $X \in V$ ,  $X$  é condicionalmente independente de todas as variáveis que compõem o conjunto dos seus não descendentes, dados os valores das variáveis que compõem seu conjunto de pais. Ou, em notação probabilística,  $(X) \text{ ind } ND(X)|PA(X)$ , onde  $ND(X)$  refere-se ao conjunto de não descendentes de  $X$  e  $PA(X)$  ao seu conjunto de pais.

Portanto, de acordo com a definição 3.1, as redes Bayesianas utilizam a condição Markoviana para considerar um nó raiz independente dos seus não descendentes. Isto significa que não existe uma relação de dependência direta entre quaisquer dois nós, a não ser que exista um arco entre eles na rede.

### 3.2.5 Independência condicional

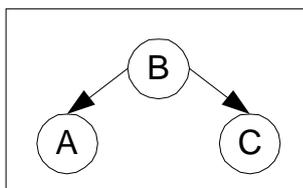
Considerando uma rede com três nós como na Figura 3.2, onde  $A$  testavelmente causa  $B$  e  $B$  testavelmente causa  $C$ , pode-se dizer que baseado na condição Markoviana, a probabilidade de  $C \cap B$  é exatamente a mesma probabilidade de  $C|(B \cap A)$ , ou seja, o fato de saber que  $A$

ocorreu não faz nenhuma diferença na crença sobre C se já se sabe que B ocorreu. Então C é condicionalmente independente de A, dado que B ocorreu. Ou, em notação probabilística,  $(C) \text{ ind } (A)|(B)$ .



**Figura 3.2 Conexão em série**

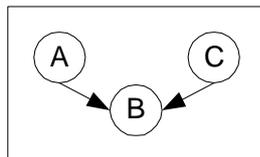
A Figura 3.3 mostra que quando duas variáveis A e C têm causa comum B e não existe evidências sobre B, então o fato de um dos efeitos estar presente, C por exemplo, altera a probabilidade de B ocorrer, o que conseqüentemente também altera a probabilidade do efeito A estar presente. Porém, se já se sabe sobre B, então o fato do efeito C estar presente não diz nada sobre a probabilidade de se ter também o efeito A. Então C é condicionalmente independente de A, dado que B ocorreu. Ou, em notação probabilística,  $(C) \text{ ind } (A)|(B)$ .



**Figura 3.3 Conexão do tipo causa comum**

Facilmente, percebe-se que se o par  $N = ((V, E), P)$  satisfaz a condição Markoviana, então duas variáveis são condicionalmente independentes dado que se sabe sobre uma outra variável que se encontra entre as duas variáveis no fluxo de dependências.

A Figura 3.4 mostra que A e C têm efeito comum B, ou seja, A e C testavelmente causam B. Neste caso, os pais são marginalmente independentes, mas o resultado do efeito comum B, depende de ambas informações. Uma vez que se sabe da ocorrência de B e que C não explica a provável causa de B, a probabilidade de C dado B é condicionalmente dependente de A.



**Figura 3.4 Conexão do tipo efeito comum**

Na conexão do tipo efeito comum, a condição Markoviana é violada, pois a independência condicional apresentada nas Figuras 3.2 e 3.3 deixa de existir se é conhecido o valor de uma

variável que seja efeito comum de ao menos duas variáveis não descendentes entre si. Este fenômeno é bastante conhecido como *explaining away* ou ativação de dependências. Uma variável descendente é um efeito comum de um conjunto de variáveis não descendentes entre si quando existem caminhos entre as variáveis de tal conjunto e esta.

### 3.2.6 d – Separação

A independência condicional em (C)  $ind(A)|(B)$  significa que o conhecimento sobre B bloqueia a relevância de A para C ou no caso da Figura 3.4, a falta da informação sobre B bloqueia a relevância de C para A. Todavia, o conhecimento de B ativa a relação entre C e A. O termo bloquear significa interromper o fluxo de dependências. Estas independências condicionais são propriedades dos DAGs conhecidas como d-separação, onde d se refere a *direction-dependent*. A presença da d-separação será denotada aqui por ds. No DAG da Figura 3.2, tem-se que (C)  $ds(A)|(B)$ .

### 3.2.7 Cálculo da distribuição de probabilidades correspondente à rede

A distribuição de probabilidade correspondente à rede é calculada a partir das probabilidades condicionais, como mostra a equação 3.2.

$$P(U) = P(X_1, X_2, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i | pa(X_i)) \quad \text{Equação 3.2}$$

Onde:

$P(U)$ : probabilidade conjunta para a rede;

$P(X_i | pa(X_i))$ : probabilidades condicionais de X em relação aos seus pais.

Utilizando a probabilidade conjunta, pode-se obter as probabilidades posteriores, somando-se, para cada resultado, todas as probabilidades que uma variável pode assumir numa rede. Posteriormente, normalizam-se as probabilidades obtidas, obtendo assim, as probabilidades posteriores de cada nó ou variável.

Segue-se como exemplo, um processo de inferência relacionado à rede apresentada na Figura 3.1.

A partir das TPCs de X, Y e Z, obtém-se as probabilidades  $P(X, Y, Z)$  para cada resultado. Portanto, conforme a equação 3.3 apresentada acima, temos:

$$P(X, Y, Z) = P(X) \times P(Y) \times P(Z | (X, Y)) \quad \text{Equação 3.3}$$

A probabilidade de ocorrência de Z, ou seja,  $P(z=sim)$ :

$$P(z = sim | x, y) = \sum P(z = sim | x, y)P(x, y) = \sum P(z = sim | x, y)P(x)P(y) =$$

$$\begin{aligned}
 &= P(z = \textit{sim} | x = \textit{alto}, y = \textit{alto})P(x = \textit{alto})P(y = \textit{alto}) + P(z = \textit{sim} | x = \textit{alto}, y = \textit{baixo})P(x = \textit{alto}) \\
 &P(y = \textit{baixo}) + P(z = \textit{sim} | x = \textit{baixo}, y = \textit{alto})P(x = \textit{baixo})P(y = \textit{alto}) + P(z = \textit{sim} | x = \textit{baixo}, y = \textit{baixo}) \\
 &P(x = \textit{baixo})P(y = \textit{baixo}) = (0.20 \times 0.70 \times 0.40) + (0.40 \times 0.70 \times 0.60) + (0.10 \times 0.30 \times 0.40) + (0.05 \times 0.30 \times 0.60) = \\
 &= 0.056 + 0.168 + 0.012 + 0.009 = 0.245
 \end{aligned}$$

A Tabela 3.1 mostra o cálculo das probabilidades conjuntas. Nestes cálculos, considera-se para a variável Z que o resultado *sim* está representado pelo número 1 e o resultado *não* está representado pelo número 0. Já para as variáveis X e Y, os resultados *alto* e *baixo* estão associados aos números 1 e 0 respectivamente.

**Tabela 3.1 Probabilidades conjuntas referentes ao problema da corrupção**

$P(x_0, y_0, z_0) = 0,171$	$P(x_1, y_0, z_0) = 0,252$	$P(x_0, y_0, z_1) = 0,009$	$P(x_1, y_0, z_1) = 0,168$
$P(x_1, y_1, z_1) = 0,056$	$P(x_0, y_1, z_0) = 0,108$	$P(x_1, y_1, z_0) = 0,224$	$P(x_0, y_1, z_1) = 0,012$

É importante comentar que redes Bayesianas possuem um caráter evolucionário. Dessa forma, uma rede Bayesiana pode ser atualizada tanto no cálculo de probabilidades quanto em suas estruturas gráficas da seguinte forma: com base em novas evidências, com uma base de dados mais atualizada, com um maior número de observações, com novas descobertas teóricas ou ainda com a ampliação do conhecimento do especialista (Korb e Nicholson, 2003). Correia (2006) destaca que, devido a sua fundamentação, redes Bayesianas permitem tanto a utilização de fontes de informação de natureza subjetiva, através da opinião do especialista, quanto de natureza empírica, por meio de base de dados. Tudo isso, sem perder o rigor matemático no cálculo das probabilidades.

No contexto do presente trabalho, os efeitos são as potenciais consequências da corrupção. As causas são as eventuais razões que levam à corrupção.

Em análise de retrospectiva, inicia-se tal análise com a avaliação dos efeitos e depois procura-se identificar as causas, ou seja, as causas são descritas depois do fato ocorrido. Em análise de previsão, as causas são eventos iniciadores e os efeitos são seus possíveis resultados. Aqui, fazer previsão significa combinar as causas e efeitos para antecipar prováveis atos ilícitos.

Utilizar Redes Bayesianas para avaliar a probabilidade de ocorrência nos processos de licitação pública apresenta vantagens, tais como:

- Determinação dos fatores que influenciam na decisão do agente público cometer um ato ilícito;
- A importância de cada fator para a ocorrência da corrupção nos processos de licitação pública obtida através das probabilidades;
- A relação de dependência entre esses fatores, ou seja, as relações causais existentes entre as variáveis da rede;
- A possibilidade de atualizar a rede através de análises diagnósticas e prognósticas;
- Na análise diagnóstica, com informações sobre o efeito, atualizam-se as causas. Assim, sabendo que o gestor cometeu corrupção, é possível inferir, por exemplo, sobre a probabilidade dele ter sido reeleito;
- Na análise prognóstica, pode-se saber se o gestor é propenso ou não a cometer corrupção dado que, por exemplo, o gestor foi reeleito.
- Redes Bayesianas possibilitam a introdução de opiniões subjetivas (opiniões de especialistas) diante da escassez de dados empíricos.

Evidentemente, o esforço empreendido nos cálculos de uma rede Bayesiana torna-se necessário a utilização de *softwares*. Para tratar da modelagem das causalidades através de redes Bayesianas neste trabalho, utiliza-se o *software* estatístico *Revolution Analytics*.

#### 4. METODOLOGIA PROPOSTA PARA AVALIAÇÃO DA CORRUPÇÃO EM LICITAÇÕES PÚBLICAS

Este capítulo apresenta a avaliação da corrupção em licitações públicas. O fluxograma da Figura 4.1 expõe de maneira sistemática a metodologia proposta neste trabalho.

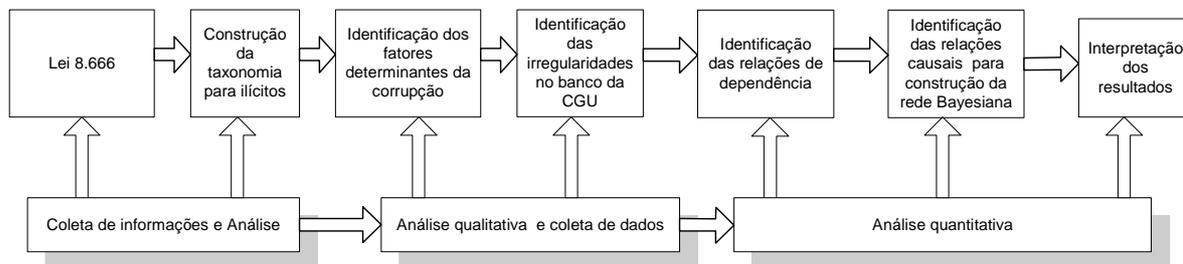


Figura 4.1 Fluxograma da metodologia proposta

**Construção da taxonomia para ilícitos:** nesta etapa, busca-se adquirir conhecimento sobre o procedimento de licitação pública e como ele pode ser fraudado. Portanto, baseada na lei 8.666/938 foi elaborada uma taxonomia para ilícitos cometidos em licitações públicas.

Esta etapa compõe a fase inicial deste estudo, isto é, coleta de informações e análise. As próximas etapas correspondem à análise qualitativa e coleta de dados.

**Identificação dos fatores determinantes da corrupção:** nesta etapa, busca-se identificar os fatores determinantes da corrupção ou as causas dos atos ilícitos encontrados em processos de licitação pública na esfera municipal, bem como coletar os dados referentes aos mesmos.

**Identificação das irregularidades no banco da CGU:** nesta etapa, procura-se identificar algumas informações relevantes no banco de dados, tais como: as irregularidades cometidas por gestores públicos, a frequência dessas irregularidades e qual o ministério envolvido nestas irregularidades.

As próximas etapas correspondem à coleta de dados para análise quantitativa.

<sup>8</sup> A lei 8.666/93 regulamenta o art.37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências.

**Identificação das relações de dependência:** nesta etapa, busca-se identificar as relações de dependências existentes entre os fatores determinantes da corrupção utilizando testes estatísticos não paramétricos.

**Identificação das relações causais para construção da rede Bayesiana:** nesta etapa, procura-se identificar as relações causais existentes entre os fatores determinantes da corrupção para construção da rede Bayesiana, que é o modelo proposto para avaliar os atos ilícitos cometidos em licitações públicas por gestores municipais.

**Interpretação dos resultados:** o capítulo 5 mostra os resultados obtidos do modelo proposto aqui e abordado com maiores detalhes nos tópicos a seguir.

#### **4.1 Taxonomia para corrupção em processos de licitação pública**

Segundo Campos e Gomes (2007), a Taxonomia é uma classificação sistemática e está sendo conceituada no âmbito da Ciência da Informação como ferramenta de organização intelectual. A taxonomia possibilita organizar as informações de forma a alocar, recuperar e comunicar informações dentro de um sistema de maneira lógica.

A importância da criação de uma taxonomia para a ocorrência de ilícitos em processos de licitação pública possibilita um melhor entendimento do processo de corrupção envolvido contribuindo para uma avaliação adequada dos fatos. Stinchcombe (1968) *apud* Filgueiras (2006) comenta que, do ponto de vista da teoria sociológica, as taxonomias pretendem fazer uma reflexão classificatória dos fatos, de modo a compreender o alcance de suas consequências sobre a sociedade.

Baseada na lei 8.666/93<sup>9</sup> e na classificação encontrada em Amaral (2012) foi elaborada uma taxonomia para ilícitos cometidos em licitações públicas que será apresentada nas Tabelas 4.1 a 4.3.

As irregularidades foram classificadas em grupos e sub-grupos. Em relação ao grupo, foram identificados sete grandes grupos: Direcionamento, Fraude na divulgação, Fraude na documentação e propostas, Fraude no procedimento, Fraude nos preços e orçamentos, Fraude

---

<sup>9</sup> A lei 8.666/93 regulamenta o art.37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências.

na função da formação de cartéis e Fraude na situação de dispensa e inexigibilidade da licitação.

Cada grupo foi dividido em sub-grupos quando necessário. Como exemplo, observa-se na Tabela 4.3 que o grupo Fraude nos preços e orçamentos foi dividido em Sobrepreço e Superfaturamento. Sobrepreço ocorre quando uma cotação de um bem ou serviço é superior ao valor praticado pelo mercado. Já o Superfaturamento se verifica após a regular liquidação da despesa, ou seja, depois da aquisição, faturamento e pagamento de um bem ou serviço.

Em relação ao Sobrepreço, os ilícitos cometidos são: sobrepreço aplicados a bens e serviços e quantitativos superestimados, ou seja, o fraudador tanto pode aumentar o preço de um bem ou serviço com relação a preço de mercado quanto exagerar nas quantidades dos mesmos.

Em relação ao Superfaturamento, os ilícitos cometidos são: preços superfaturados e inclusão indevida de itens no BDI (Benefícios e Despesas Indiretas)<sup>10</sup>.

É importante destacar que esta taxonomia contempla dois tipos de condutas: condutas ilegais que envolvem a participação de agentes públicos e condutas ilegais que são praticadas exclusivamente por particulares, sem que haja a participação de servidores. Estas duas condutas trazem benefícios ilegais para os fraudadores e prejuízos para o Estado. Este trabalho aborda apenas o primeiro tipo de conduta, ou seja, condutas ilegais que envolvem a participação de agentes públicos. As características do “corruptor”, representada por empresas inidôneas não faz parte do escopo desse trabalho e não serão consideradas na modelagem.

Entretanto, irregularidades como, por exemplo, fraude em função da formação de cartéis ou fraude na documentação de particulares participantes do processo licitatório, apesar de ser ilícito provocado pela figura do corruptor será abordada aqui porque se entende que o gestor público é o responsável pelo processo de licitação. Então, mesmo que ele não identifique o cartel, seja por incompetência ou por omissão, a janela está aberta para a corrupção e ele é o responsável.

A taxonomia apresentada aqui, apesar de não ter sido explorada de forma plena, houve um interesse de contribuir com uma classificação mais completa para a formação de um banco de dados que pode ser útil em outros tipos de análise como, por exemplo, ilícitos cometidos por empresas particulares em processos de licitação.

---

<sup>10</sup> BDI é o elemento orçamentário destinado a cobrir todas as despesas em empreendimento de forma indireta.

Tabela 4.1 Taxonomia de ilícitos em licitação (parte 1)

ILÍCITOS COMETIDOS EM PROCESSOS DE LICITAÇÃO PÚBLICA		
GRUPO	SUB-GRUPO	ILÍCITO
DIRECIONAMENTO	ELABORAÇÃO	PROJETO BÁSICO COM CARACTERIZAÇÃO INADEQUADA OU IMPRECISA
		AUSÊNCIA DE GARANTIAS E PENALIDADES NO PROJETO BÁSICO
		AUSÊNCIA DE PESQUISA PRELIMINAR DE PREÇOS
		SIMULAÇÃO DE LICITAÇÃO
		A EXISTÊNCIA DE QUALQUER VÍNCULO ENTRE O AUTOR DO PROJETO E O LICITANTE
		PROJETO BÁSICO DIRECIONADO A DETERMINADA EMPRESA
	DEFINIÇÃO DO OBJETO	ESPECIFICAÇÃO DESNECESSÁRIA E RESTRITIVA
		INDICAÇÃO DE MARCA E/OU PADRONIZAÇÃO INADEQUADA
		OBJETO AMPLO OU NÃO DEFINIDO
	DIMENSÃO	PARCELAMENTO DE OBJETO DE NATUREZA INDIVISÍVEL
		INDIVISÃO DO OBJETO DE NATUREZA DIVISÍVEL
	HABILITAÇÃO DE QUALIFICAÇÃO TÉCNICA	EXIGÊNCIA DE ITENS IRRELEVANTES E SEM IMPORTÂNCIA ULTRAPASSANDO OS LIMITES DA RAZOABILIDADE
		ESTABELECIMENTO DE QUANTIDADES MÍNIMAS E PRAZOS MÁXIMOS PARA A CAPACITAÇÃO TÉCNICO PROFISSIONAL
		EXIGÊNCIA DE COMPROVAÇÃO DE ATIVIDADE OU DE APTIDÃO COM LIMITAÇÕES DE TEMPO OU DE ÉPOCA OU AINDA EM LOCAIS ESPECÍFICOS, OU QUAISQUER OUTRAS QUE INIBAM A PARTICIPAÇÃO NA LICITAÇÃO
	QUALIFICAÇÃO ECONÔMICO-FINANCEIRA	EXIGÊNCIA DE CÁLCULO DE ÍNDICES CONTÁBEIS INDEVIDAMENTE JUSTIFICADOS
		EXIGÊNCIA DE ÍNDICES E VALORES NÃO USUALMENTE ADOTADOS
		EXIGÊNCIA DE BALANÇO PATRIMONIAL E DEMONSTRAÇÕES CONTÁBEIS AINDA NÃO EXIGIDOS POR LEI
		EXIGÊNCIA DE CAPITAL MÍNIMO, DE PATRIMÔNIO LÍQUIDO MÍNIMO, E AINDA DE GARANTIAS PREVISTAS AO MESMO TEMPO
	CRITÉRIOS PARA A PONTUAÇÃO TÉCNICA	ADOÇÃO DE CRITÉRIOS SUBJETIVOS PARA SELECIONAR A PROPOSTA TÉCNICA
		UTILIZAÇÃO DOS TIPOS DE LICITAÇÃO MELHOR TÉCNICA E TÉCNICA E PREÇO PARA SERVIÇOS QUE NÃO SÃO DE NATUREZA PREDOMINANTEMENTE INTELLECTUAL
ADOÇÃO DE CRITÉRIOS BASEADOS EM LICITANTES ESPECÍFICOS		

Fonte: Elaboração baseada na lei 8.666/93 e nas orientações encontradas em Amaral (2012).

Tabela 4.2 Taxonomia de ilícitos em licitação (parte 2)

ILÍCITOS COMETIDOS EM PROCESSOS DE LICITAÇÃO PÚBLICA			
GRUPO	SUB-GRUPO	ILÍCITO	
FRAUDE NO PROCEDIMENTO	FALTA DE ORDEM CRONOLÓGICA DAS DATAS DE SUAS EXIGIBILIDADES	PAGAMENTO COM DATA ANTERIOR A ABERTURA DA PROPOSTA	
		FRAUDE NA FORMALIZAÇÃO E PUBLICAÇÃO DE CONTRATOS	
		FIXAÇÃO DE DATAS DA DISPUTA EM DIAS NÃO ÚTEIS	
		ALTERAÇÃO DOS CONTRATOS	
		ATRASO NA LIBERAÇÃO DE RECURSOS	
		PROPOSTAS COM DATAS ANTERIORES A DIVULGAÇÃO DA LICITAÇÃO	
		INCONSISTÊNCIA DAS DATAS DAS NOTAS FISCAIS E DATAS DA CONCLUSÃO DA LICITAÇÃO	
FRAUDE NA DOCUMENTAÇÃO E PROPOSTAS	IRREGULARIDADES NA DOCUMENTAÇÃO	PARTICIPAÇÃO DE EMPRESA CUJO SÓCIO TENHA VÍNCULO DE PARENTESCO COM SERVIDOR DA ENTIDADE	
		ENDEREÇOS PRÓXIMOS	
		ENDEREÇOS INEXISTENTES	
		SÓCIOS-LARANJAS	
		PRESENÇA DE EMPRESA IRREGULAR OU DE OUTRO RAMO DE NEGÓCIO	
		CERTIDÕES PARA QUALIFICAÇÃO TÉCNICA ADULTERADA	
		DOCUMENTAÇÃO PARA QUALIFICAÇÃO ECONÔMICA-FINANCEIRA ADULTERADA	
		DOCUMENTOS GERAIS E FISCAIS FALSOS	
	IRREGULARIDADES NAS PROPOSTAS	CERTIDÕES DE REGULARIDADE FISCAL ADULTERADAS	
		MONTAGEM DE DOCUMENTOS	
		GRANDE SEMELHANÇA NO TEXTO DAS PROPOSTAS	
		FIXAÇÃO DE CUSTOS PROPORCIONAIS NAS PROPOSTAS DOS CONCORRENTES	
		PADRÕES ESTABELECIDOS PARA AS ASSINATURAS	
IRREGULARIDADES BUROCRÁTICAS	OMISSÃO NA ENUMERAÇÃO DE PÁGINAS, FALTA DE CARIMBO NA DOCUMENTAÇÃO, ENTRE OUTROS		
	FRAUDE NA DIVULGAÇÃO	IRREGULARIDADES NO PROCEDIMENTO DE DIVULGAÇÃO	PUBLICAÇÃO FORA DO PRAZO
			PUBLICAÇÃO EM JORNAL DE PEQUENA CIRCULAÇÃO
EDITAL INCOMPLETO			

Fonte: Elaboração baseada na lei 8.666/93 e nas orientações encontradas em Amaral (2012).

Tabela 4.3 Taxonomia de ilícitos em licitação (parte 3)

ILÍCITOS COMETIDOS EM PROCESSOS DE LICITAÇÃO PÚBLICA		
GRUPO	SUB-GRUPO	ILÍCITO
FRAUDE NOS PREÇOS E ORÇAMENTOS DE BENS E SERVIÇOS	SOBREPREGO	SOBREPREGO APLICADOS A BENS E SERVIÇOS
		QUANTIDADES SUPERESTIMADAS
	SUPERFATURAMENTO	INCLUSÃO INDEVIDA DE ITENS NAS DESPESAS
		PREÇOS SUPERFATURADOS
NÃO ECONOMICIDADE	NÃO APROVEITAR AS VANTAGENS OFERECIDAS PELO MERCADO (NÃO VISAR A ECONOMICIDADE)	
FRAUDE PROVENIENTE DA FORMAÇÃO DE CARTÉIS	ACORDO ENTRE CONCORRENTES	SIMILARIDADE ENTRE AS PROPOSTAS
		PARTICIPAÇÃO DE EMPRESAS EM CONSÓRCIO DE FORMA DESNECESSÁRIA (NÃO PREVISTA NA LEI)
		DIVISÃO DE MERCADO
		PROPOSTAS FICTÍCIAS OU DE COBERTURA
		RODÍZIO ENTRE OS PARTICIPANTES DE FORMA QUE NENHUM DELES DOMINE O MERCADO DE MANEIRA EXCLUSIVA
		SUBCONTRATAÇÃO INDEVIDA, ONDE A RESPONSABILIDADE POR PARTE DA PRESTAÇÃO DE SERVIÇO, FORNECIMENTO DE BENS OU EXECUÇÃO DE OBRA É REPASSADA PARA UM TERCEIRO.
		FIXAÇÃO DE PREÇOS, ONDE OS LICITANTES COMBINAM ELABORAR PROPOSTAS ACIMA DE PREÇOS PADRÕES PREVIAMENTE ESTABELECIDOS.
PREÇOS PRÓXIMOS		
FRAUDE CONSIDERANDO A SITUAÇÃO DE DISPENSA E INEXIGIBILIDADE DE LICITAÇÃO	DISPENSA DE LICITAÇÃO (EXISTE POSSIBILIDADE JURÍDICA DE COMPETIÇÃO, MAS A LEI DISPENSA OU FACULTA A LICITAÇÃO)	SITUAÇÃO EMERGENCIAL OU CALAMITOSA INDEVIDA
		CLASSIFICAÇÃO INADEQUADA DO OBJETO NO FORNECIMENTO DE BENS, PRESTAÇÃO DE SERVIÇO OU EXECUÇÃO DE OBRA
		FRACIONAMENTO DA DESPESA
	INEXIGIBILIDADE DE LICITAÇÃO (EXISTE IMPOSSIBILIDADE JURÍDICA DE COMPETIÇÃO)	CONTRATAÇÃO INDEVIDA DE INSTITUIÇÃO BRASILEIRA INCUMBIDA REGIMENTAL OU ESTATUTARIAMENTE DA PESQUISA, DO ENSINO OU DO DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL, OU DE INSTITUIÇÃO DEDICADA À RECUPERAÇÃO SOCIAL DO PRESO
		POSSIBILIDADE DE COMPETIÇÃO
		CONTRATAÇÃO DE SERVIÇOS TÉCNICOS DE NATUREZA NÃO SINGULAR, COM PROFISSIONAIS OU EMPRESAS QUE NÃO POSSUEM NOTÓRIA ESPECIALIZAÇÃO
	FORNECEDORES NÃO EXCLUSIVOS	

Fonte: Elaboração baseada na lei 8.666/93 e nas orientações encontradas em Amaral (2012).

## 4.2 Fatores determinantes da corrupção em processos de licitação pública

Como visto no tópico 2.1, os determinantes ou causas da corrupção podem estar associados a diversos fatores. Segundo Orth (2012), os fatores determinantes da corrupção podem ser políticos, culturais, históricos ou socioeconômicos. Os fatores políticos estão associados à qualidade das instituições governamentais, a descentralização, democracia e regras eleitorais. Os fatores históricos e culturais dizem respeito à herança colonial, origem do sistema judicial, religião, polarização étnica e fracionalização etnolinguística. Já os fatores socioeconômicos envolvem o desenvolvimento econômico, a intervenção governamental, salários dos funcionários públicos, riqueza, educação e desenvolvimento humano. Com exceção dos fatores socioeconômicos, os outros fatores tendem a ser homogêneos. Portanto, é razoável considerar que a variabilidade no nível de corrupção seja explicada pelos fatores socioeconômicos. Este trabalho utiliza estes fatores como determinantes da corrupção.

A Tabela 4.4 apresenta os fatores determinantes da corrupção ou as variáveis envolvidas nas práticas de atos ilícitos dos gestores públicos municipais que foram consideradas neste trabalho. O ano ao lado da variável indica em que ano os dados foram obtidos.

A variável X corresponde ao número de irregularidades encontradas nos municípios entre os anos de 2001 e 2004 e foram extraídas do Programa de Fiscalização de Municípios por meio de Sorteios Públicos, realizado pela Controladoria Geral da União (CGU). O conjunto de variáveis ( $Y_1, \dots, Y_{12}$ ) corresponde às características municipais e o conjunto de variáveis ( $Z_1, \dots, Z_4$ ) corresponde às características dos prefeitos.

**Tabela 4.4: Variáveis para avaliação da dependência.**

X	Número de irregularidades (2001-2004)	Y <sub>8</sub>	Região
Y <sub>1</sub>	Distância à capital	Y <sub>9</sub>	IDHM_Educação (1991)
Y <sub>2</sub>	Área (Km <sup>2</sup> )	Y <sub>10</sub>	IDHM (2000)
Y <sub>3</sub>	Pessoas residentes (2000)	Y <sub>11</sub>	Pobreza (2003)
Y <sub>4</sub>	Alfabetização (2000)	Y <sub>12</sub>	Comunicação (2001)
Y <sub>5</sub>	Índice de Theil (2000)	Z <sub>1</sub>	Escolaridade (2001)
Y <sub>6</sub>	PIB per capita (2002)	Z <sub>2</sub>	Idade
Y <sub>7</sub>	Receita tributária (2002)	Z <sub>3</sub>	Reeleito (2000)
		Z <sub>4</sub>	Votos percentuais (2000)

Antes de comentar sobre a importância de cada variável para este trabalho, é importante enfatizar que o modelo proposto aqui difere de modelos tradicionais como regressões que permitem explorar e inferir a relação de uma variável dependente (variável resposta) com variáveis independentes específicas (variáveis explicativas) que podem ser vistos, por exemplo, em Albuquerque e Ramos (2006) e Batista (2013). O modelo proposto, além de utilizar um número de variáveis maior do que o número normalmente encontrado nos trabalhos tradicionais, também procura identificar não apenas as variáveis que possuem relação direta com o número de irregularidades, mas também identificar as relações indiretas. Neste caso deseja-se saber como as variáveis se relacionam entre si, testando todas as combinações de duas variáveis. Assim, não cabe aqui, relatar todas as hipóteses deste trabalho. Do contrário, realizando a combinação de 17 variáveis<sup>11</sup> duas a duas, teríamos 136 combinações ou 136 testes de hipóteses cada um envolvendo duas hipóteses, o que torna a definição de hipóteses completamente inviável e desnecessária. Maiores detalhes sobre a identificação das relações de dependência será abordado no tópico 4.4. A seguir, o trabalho dará continuidade a uma melhor descrição das variáveis da Tabela 4.4.

A distância do município a capital ( $Y_1$ ) representa o impacto das repercussões municipais sobre as autoridades federais.

A área ( $Y_2$ ) do município e o número de pessoas residentes ( $Y_3$ ) representam relação entre o número de indivíduos e a área ocupada. Estas variáveis são introduzidas para possibilitar o controle do tamanho do município. Segundo Albuquerque e Ramos (2006), municípios com baixa densidade populacional e/ou elevado grau de pobreza apresentam uma capacidade de arrecadação tributária comprometida e, conseqüentemente, enfrentam dificuldades no fornecimento de bens e serviços públicos fundamentais. Este fato possivelmente impede o investimento e o crescimento da região e pode contribuir para o aumento da corrupção.

A alfabetização ( $Y_4$ ) representa o percentual de pessoas alfabetizadas e será utilizado como aproximação para o nível de informação e educação do município.

O índice de Theil<sup>12</sup> ( $Y_5$ ) será utilizado com o objetivo de capturar os efeitos da desigualdade de renda. Segundo You (2005), a corrupção tende a ser um importante canal através do qual a desigualdade afeta negativamente o crescimento econômico. A Desigualdade aumenta a corrupção, que por sua vez impede o investimento e o crescimento.

---

<sup>11</sup> Ver Tabela 4.1

<sup>12</sup> Melhor descrição desse índice na seção 4.1.1.1

Alguns estudiosos vêem a corrupção como um instrumento útil para os ricos, uma vez que favorece grupos de renda mais alta e assim promove uma maior desigualdade. Os ricos são mais propensos a serem bem tratados (Putnam, 2000). Isto, por sua vez, pode levar as pessoas a questionar a legitimidade do regime e a desobedecer às leis e regulamentos com maior frequência (You e Khagram, 2005).

Produto Interno Bruto é o total dos bens e serviços produzidos pelas unidades produtoras residentes destinadas ao consumo final sendo, portanto, equivalente à soma dos valores adicionados pelas diversas atividades econômicas acrescida dos impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos. PIB per capita ( $Y_6$ ) corresponde ao valor do PIB global dividido pelo número de habitantes. Segundo Pereira et al. (2011), existe uma imensa disparidade no nível do PIB per capita entre os municípios brasileiros. O PIB per capita do município mais rico do país chega a ser 190 vezes maior do que o do município mais pobre.

As leis municipais brasileiras geralmente referenciam as receitas tributárias municipais ( $Y_7$ ) como teto para as despesas com salários dos prefeitos. Becke e Stigler (1974) sugerem que salários mais altos devem reduzir a corruptibilidade dos funcionários. Segundo os autores, o aumento do salário do funcionário público pode aumentar os custos monetários esperados da corrupção. Um aumento de salário reduziria o valor do salário que um funcionário público poderia esperar ganhar no setor privado. Veldhuizen (2012) comenta que um aumento na compensação do agente público reduz dramaticamente seus níveis de corrupção.

Cada região ( $Y_8$ ) do país possui características geográficas e socioeconômicas próprias, as quais influenciam de maneira específica outras variáveis consideradas neste contexto.

Os Índices de Desenvolvimento Humano Municipal - IDHM<sup>13</sup> ( $Y_9$  e  $Y_{10}$ ) medem o desenvolvimento humano municipal. Os valores de referência mínimo e máximo são equivalentes a 0 e 1, respectivamente, no cálculo do índice. Quanto melhor o desempenho municipal naquela dimensão, mais próximo o seu índice estará de um.

A pobreza ( $Y_{11}$ ) indica o percentual de pobres encontrado em cada município.

A comunicação ( $Y_{12}$ ) está relacionada ao principal meio utilizado pela sociedade para relatar ocorrências e denúncias. Deseja-se saber se a existência da imprensa e de canais de transmissão (rádio, televisão e provedor de acesso à internet) ajudam a difundir de forma mais rápida a informação e as denúncias. Segundo dados da CGU, em 2005 ocorreram 1.460 denúncias e o principal meio de comunicação utilizado pela sociedade foi a internet.

---

<sup>13</sup> Melhor descrição desse índice na seção 4.1.1.2

Deseja-se saber também a influência das variáveis: Nível educacional ou Escolaridade do prefeito ( $Z_1$ ) e Idade do prefeito ( $Z_2$ ) sobre a corrupção. No trabalho de Albuquerque e Ramos (2006), a escolaridade e a idade não influenciam na corrupção mesmo que exerçam influência sobre a capacidade administrativa do prefeito.

Os agentes públicos (prefeitos, vereadores e deputados) precisam ter garantia de que serão reeleitos ( $Z_3$ ) e conseqüentemente, procuram preservar suas imagens políticas, evitando o envolvimento em práticas corruptas no primeiro mandato. Albuquerque e Ramos (2006) comentam que prefeitos no segundo mandato tendem a desviar mais recursos do que aqueles que ainda não foram reeleitos. Esses autores encontram que ser um prefeito no segundo mandato eleva o número esperado de irregularidades em 14,2%, quando se mantém as outras variáveis constantes.

A variável relacionada a votos reúne o percentual de votos válidos ( $Z_4$ ) para o prefeito na última eleição. Deseja-se saber como percentual de votos e elegibilidade pode impactar na ocorrência de irregularidades.

Inicialmente, deseja-se saber se existe relação de dependência entre as variáveis da Tabela 4.4. Posteriormente, procura-se construir uma rede Bayesiana através da definição das relações causais existentes entre as variáveis. Sabe-se, por exemplo, que uma região que investe menos em educação pública terá maior desigualdade de oportunidades e conseqüentemente uma população com maior desigualdade de renda.

É possível que haja causalidade reversa entre nós raízes da rede. Por exemplo, pode-se dizer que a desigualdade de renda afeta o crescimento econômico. Por outro lado, o crescimento econômico pode contribuir para uma maior desigualdade de renda. Apesar do crescimento ser um dos fatores fundamentais na redução da pobreza e na melhora do IDH (Índice de Desenvolvimento Econômico), seu impacto sobre a pobreza pode variar amplamente. Um exemplo clássico pode ser o caso do “milagre brasileiro”, onde o país obteve índices recordes de crescimento, mas isso não contribuiu para diminuição da desigualdade.

Diante desse contexto, pretende-se estudar melhor essas causalidades levando em consideração a ordem cronológica da ocorrência das observações para variáveis temporais e procurar explicações socioeconômicas para as variáveis atemporais. Esta análise é importante para a definição do sentido do arco, pois a rede Bayesiana é um grafo acíclico e direcionado e não admite que um arco uma vez saindo do nó retorne ao mesmo. Portanto, caso haja alguma possibilidade de se ter causalidade reversa em alguma situação que será exposta, neste trabalho, esta será desconsiderada.

Será apresentada no tópico a seguir, uma descrição das variáveis que são índices e estão envolvidas neste trabalho.

## 4.2.1 Descrição das variáveis índices e indicadores envolvidos

### 4.2.1.1 Theil

O Índice de Theil é uma medida estatística da distribuição de renda. Este índice é calculado através do logaritmo neperiano da razão entre as médias aritméticas e geométricas da renda familiar per capita média. Theil será igual a zero quando houver perfeita distribuição de renda. Quanto maior a razão entre as médias, maior será o valor para o índice de Theil, e pior será a distribuição de renda. É definido pela seguinte expressão<sup>14</sup>:

$$L = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \ln \frac{1/n}{Y_i/Y}$$

Onde:

$Y$  : é a renda total;

$Y_i$  : é a renda do individuo  $i$ ;

$n$  : é o numero de indivíduos.

Como a média aritmética  $m$  pode ser obtida via:  $m = Y/n$ , tem-se que  $L$  também pode ser expresso como o logaritmo da razão entre a média aritmética ( $\hat{\mu}$ ) e a média geométrica ( $\mu$ ) das rendas individuais;

$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln \frac{\hat{\mu}}{Y_i} = \ln \hat{\mu} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln Y_i = \ln \hat{\mu} - \ln \tilde{\mu} = \ln \left( \frac{\hat{\mu}}{\tilde{\mu}} \right)$$

Segundo Hoffmann (2000), o grau de desigualdade  $L$  de Theil é particularmente sensível a modificações na cauda esquerda da distribuição, enquanto que o índice de Gini é mais sensível a transferências regressivas na faixa com maior densidade de frequência, em torno da moda ou da mediana da distribuição.

---

<sup>14</sup> Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil (2003). Disponível em <http://pnud.org.br/atlas>. Acesso em 20 de novembro. 2013.

#### 4.2.1.2 IDHM

O IDHM é o índice que mede o desenvolvimento humano de um município. Para aferir o nível de desenvolvimento humano de municípios, os critérios são os mesmos dos utilizados no IDH de um país: educação, longevidade e renda, mas com algumas adaptações metodológicas e conceituais necessárias para avaliar as condições de núcleos sociais menores<sup>15</sup>.

Para a avaliação da dimensão “educação”, o cálculo do IDHM considera dois indicadores, com pesos diferentes:

- Taxa de alfabetização (TA) de pessoas acima dos 15 anos de idade (com peso dois);
- Taxa de escolarização (TE) ou taxa bruta de frequência à escola (com peso um).

O primeiro indicador é o percentual de pessoas com mais de 15 anos capaz de ler e escrever (ou seja, adultos alfabetizados). O calendário do Ministério da Educação indica que se a criança não se atrasar na escola ela completará esse ciclo aos 14 anos de idade, daí a medição do analfabetismo se dar a partir dos 15 anos.

O segundo indicador é resultado de uma conta simples: o somatório de pessoas (independentemente da idade) que frequentam os cursos fundamental, secundário e superior, é dividido pela população na faixa etária de 7 a 22 anos da localidade. Estão também incluídos na conta, os alunos de cursos supletivos de primeiro e de segundo graus, de classes de aceleração e de pós-graduação universitária. Apenas classes especiais de alfabetização são descartadas para efeito do cálculo.

O IDHM na dimensão educação é calculado através da seguinte expressão:

$$IDHM\_E = \frac{(TA \times 2) + (TE \times 1)}{3}$$

Portanto, a variável Y<sub>9</sub> (IDHM\_Educação) é calculada dessa forma.

Para a avaliação da dimensão “longevidade”, o IDH municipal considera o mesmo indicador do IDH de países: a expectativa de vida ao nascer (EV). Esse indicador mostra o número médio de anos que uma pessoa nascida naquela localidade no ano de referência deve viver. O indicador de longevidade (L) sintetiza as condições de saúde e salubridade daquele local, uma vez que quanto mais mortes houver nas faixas etárias mais precoces, menor será a expectativa de vida observada no local. Para transformar esse número de anos em um índice,

---

<sup>15</sup> Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil – 2003 ([http://www.pnud.org.br/atlas/PR/Calculo\\_IDH.doc](http://www.pnud.org.br/atlas/PR/Calculo_IDH.doc))

usa-se como parâmetro máximo de longevidade, 85 anos, e, como parâmetro mínimo, 25 anos. Assim, o IDHM na dimensão longevidade será:

$$IDHM_{-L} = \frac{EV - 25}{85 - 25}$$

Para a avaliação da dimensão “renda”, o critério usado é a renda municipal per capita, ou seja, a renda média de cada residente no município. Para se chegar a esse valor soma-se a renda de todos os residentes e divide-se o resultado pelo número de pessoas que moram no município (inclusive crianças ou pessoas com renda igual a zero). No caso brasileiro, o cálculo da renda municipal per capita é feito a partir das respostas ao questionário expandido do Censo. Os dados colhidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), através dessa amostra do Censo, são expandidos para o total da população municipal e, então, usados para o cálculo da dimensão renda do IDHM. Para transformar a renda municipal per capita em um índice, são feitos vários cálculos. Primeiro convertem-se os valores anuais máximo e mínimo expressos em dólar PPC (Paridade do Poder de Compra), adotados nos relatórios internacionais do Pnud. Em seguida, são calculados os logaritmos da renda média municipal per capita e dos limites máximo e mínimo de referência. O logaritmo é usado porque ele expressa melhor o fato de que um acréscimo de renda para os mais pobres é proporcionalmente mais relevante do que para os mais ricos. Assim, o IDHM na dimensão renda será:

$$IDHM_{-R} = \frac{(\log \text{ da renda média municipal per capita} - \log \text{ do valor de referência mínimo})}{(\log \text{ do valor de referência máximo} - \log \text{ do valor de referência mínimo})}$$

Posteriormente, calculam-se os índices específicos de cada uma das três dimensões analisadas: IDHM-E, para educação; IDHM-L, para longevidade; IDHM-R, para renda. Para tanto, são determinados os valores de referência mínimo e máximo de cada categoria, que serão equivalentes a 0 e 1, respectivamente. Quanto melhor o desempenho municipal naquela dimensão, mais próximo o seu índice estará de 1. O IDHM de cada município é fruto da média aritmética simples desses três sub-índices.

### 4.3 Bancos de dados para quantificar a corrupção em processos de licitação pública

Em relação aos fatores socioeconômicos, dados sobre a escolaridade e a idade dos prefeitos foram extraídos do Perfil dos Municípios Brasileiros do IBGE para o ano de 2001. Neste perfil também foram coletadas as informações sobre o acesso à internet, à estação de transmissão de rádio e televisão. Os dados sobre distância à capital, densidade populacional e índice Theil foram obtidos para o ano 2000 através do Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil da PNUD. O PIB per capita dos municípios em 2002, a taxa de alfabetização em 2000, o IDHM, o IDHM na dimensão Educação, o índice de pobreza e o número de pessoas residentes no município foram extraídos da Base de Informações Municipais do IBGE de 2003. As receitas tributárias para o ano de 2002 foram obtidas do Tesouro Nacional. O percentual de votos do prefeito nas eleições e se o prefeito estava em seu segundo mandato consecutivo foram extraídas do site do Tribunal Superior Eleitoral.

Em relação ao número de irregularidades, utiliza-se um banco de dados construído a partir dos relatórios de fiscalização da Controladoria Geral da União (CGU)<sup>16</sup>. Este banco foi formado a partir dos relatórios originais do Programa de Fiscalização de Municípios por meio de Sorteios Públicos, realizado pela CGU<sup>17</sup> que reúne informações a respeito das irregularidades cometidas pelos administradores das transferências federais nos municípios. Este trabalho concentra-se nos 14 sorteios iniciais, para auditoria dos pequenos municípios, realizados pela CGU entre 2003 e 2004. Os relatórios associados a estes sorteios incluem transferências entre 2001 e 2004 e, portanto, referem-se a apenas a um mandato eleitoral.

É importante comentar que este banco de dados envolve vários tipos de irregularidades como, por exemplo, irregularidades na execução da obra, irregularidades na prestação de contas, irregularidades em licitação pública, entre outras. Para este trabalho, foram extraídas todas as irregularidades em licitação pública. Estas irregularidades não foram classificadas, neste banco, seguindo uma padronização e organização adequada de acordo com a lei 8.666/93. Por isso, não foi possível, ter uma melhor descrição dos ilícitos encontrados em licitação provenientes dos dados aqui utilizados. Daí, a importância da elaboração de uma taxonomia para banco de dados e dentro desse contexto, este trabalho contribui com a

---

<sup>16</sup> Este banco foi construído pelo professor Francisco Ramos.

<sup>17</sup> Em 2013, a CGU deu continuidade ao Programa de Fiscalização por Sorteios Públicos, o qual se encontra na **38ª edição**, com **2.084 municípios sorteados**, correspondendo a 37% do total de municípios brasileiros, e englobando recursos públicos federais superiores ao montante de **R\$ 19,9 bilhões**.

formação de uma taxonomia para corrupção em processos de licitação pública, a qual será útil para formação de banco de dados futuros.

A seguir será feita uma breve descrição do banco de dados em relação às irregularidades encontradas nas licitações públicas.

A Figura 4.2 mostra a frequência de irregularidades encontradas nos processos de licitações públicas ocorridos nos municípios brasileiros auditados cujas transferências foram feitas entre 2001 e 2004. Percebe-se nesta Figura que os ilícitos mais cometidos nas gestões públicas municipais correspondem a irregularidades burocráticas e preços próximos. A Figura 4.3 apresenta as irregularidades em licitações por Ministério. Pode-se observar que o Ministério da Educação possui a maior participação em irregularidades, destacando-se fortemente em relação aos outros. O segundo de maior participação foi o Ministério da Saúde seguido do Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome. Considerando apenas os ilícitos que envolvem o Ministério da Educação, o ilícito de maior destaque foi preços próximos seguido de irregularidades burocráticas como pode ser visto na Figura 4.4. Albuquerque (2007) comenta que exemplos de irregularidades burocráticas podem ser: omissão na enumeração de páginas, falta de carimbo na documentação, entre outros deslizes burocráticos que dão margem a corrupção.

Para os ilícitos que envolvem o Ministério da Saúde, o ilícito que mais ocorreu e que teve um grande destaque em relação aos outros foi irregularidades burocráticas como mostra a Figura 4.5.

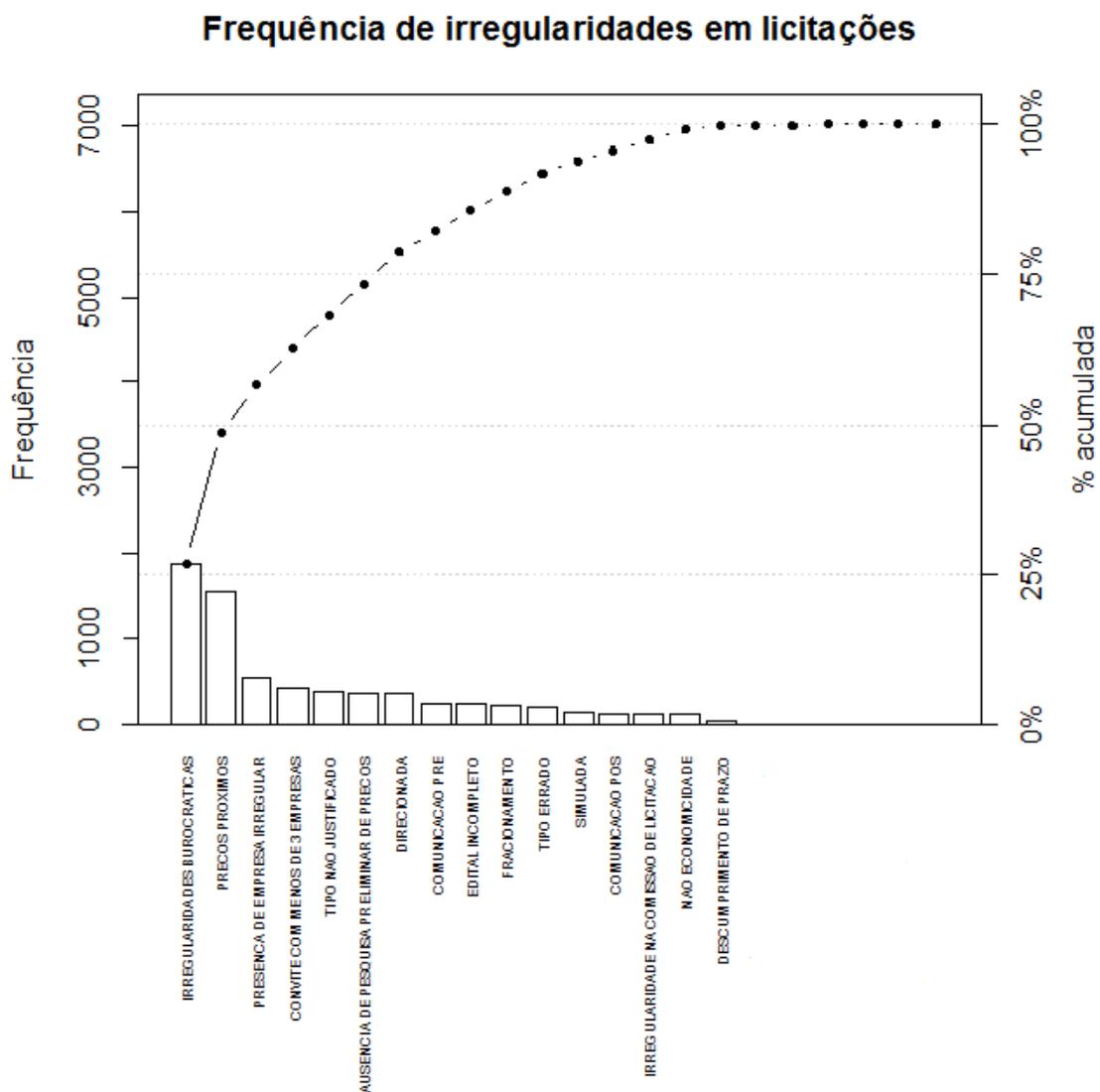
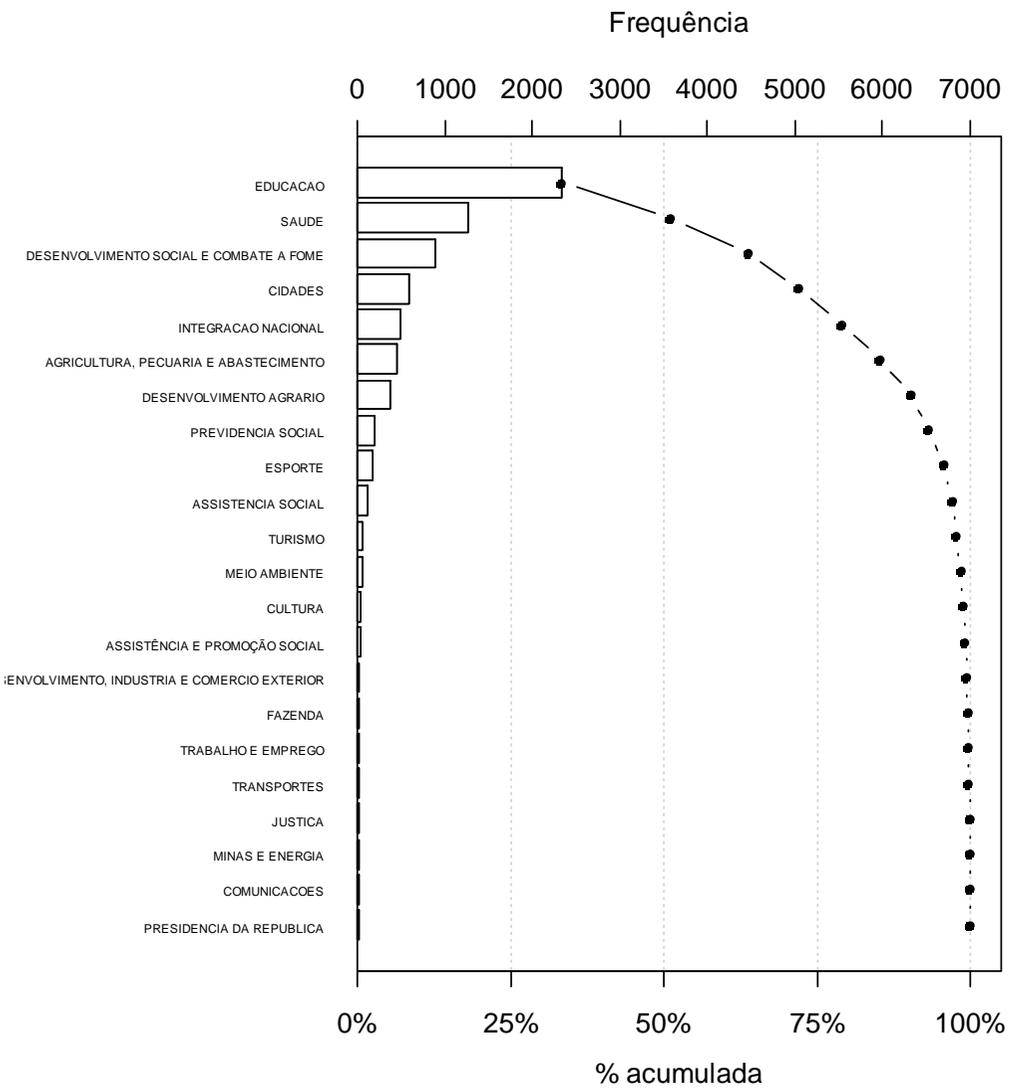


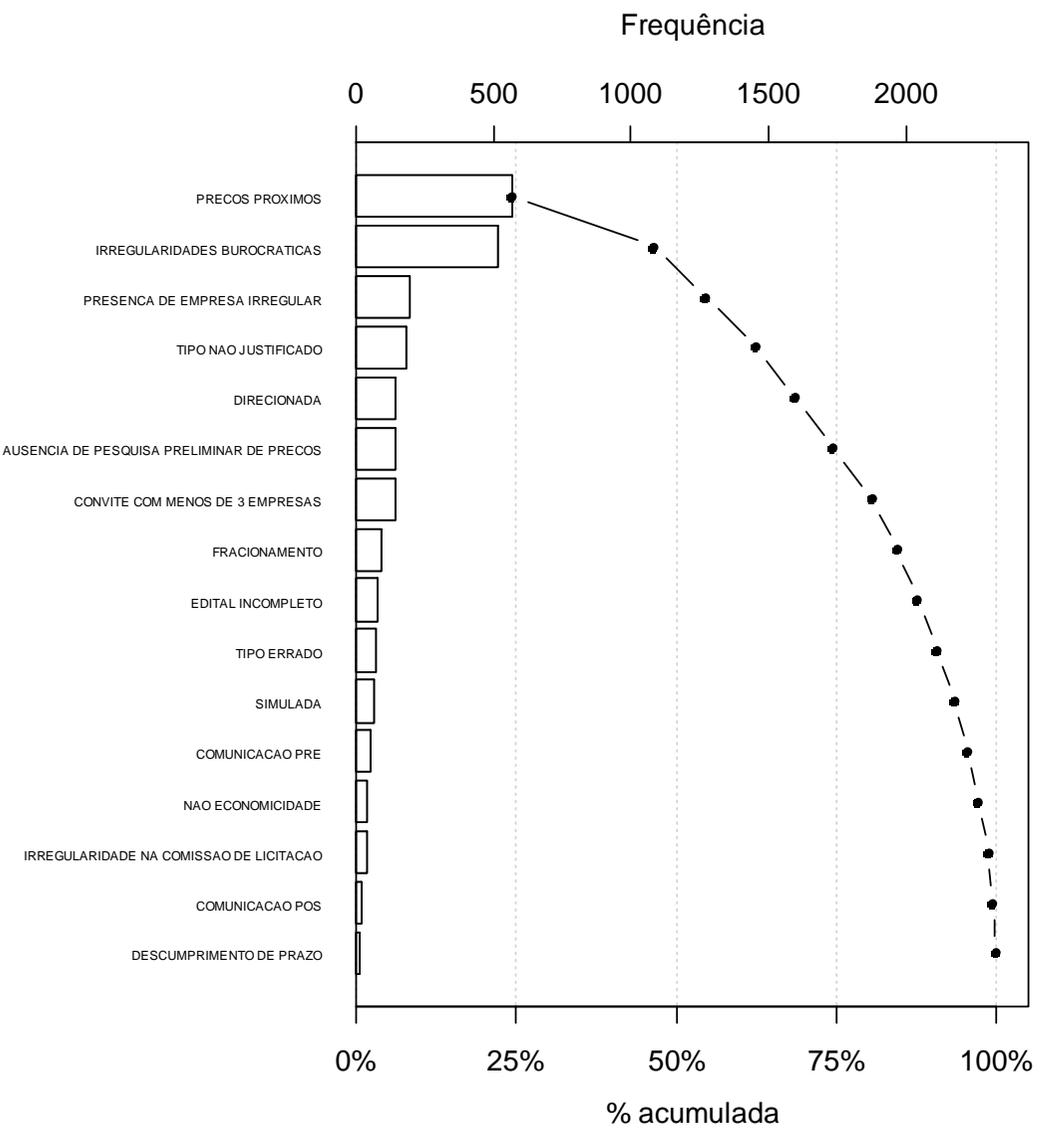
Figura 4.2 Frequência de ilícitos encontrados em licitações públicas.

**Frequência de irregularidades em licitações por Ministério**



**Figura 4.3** Frequência de ilícitos por Ministério em licitações públicas.

**Frequência de irregularidades em licitações: Ministério da Educação**



**Figura 4.4** Frequência de ilícitos encontrados em licitações públicas envolvendo o Ministério da Educação.

### Frequência de irregularidades em licitações: Ministério da Saúde

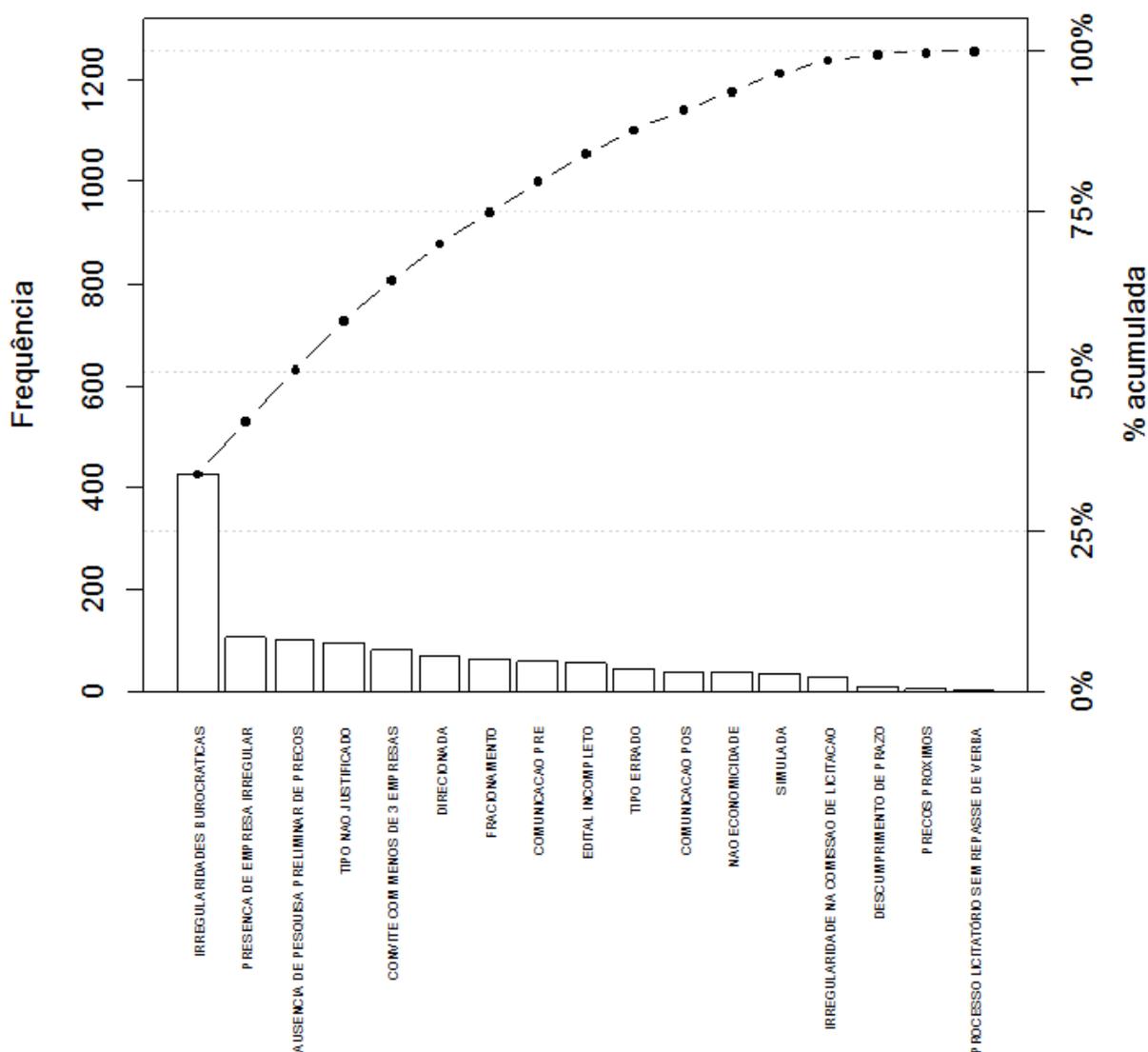


Figura 4.5 Frequência de ilícitos encontrados em licitações públicas envolvendo o Ministério da Saúde.

#### 4.4 Relação de dependência existente entre as variáveis

Este tópico relata os testes estatísticos específicos que serão aplicados para avaliar a dependência par-a-par entre as variáveis da Tabela 4.4. Devido ao comportamento dos dados, serão utilizadas técnicas da Estatística Não Paramétrica, pois a aplicação dessas técnicas não exige suposições quanto à distribuição da variável .

A escolha do teste depende da natureza de ambas as variáveis em questão. A classificação dessas variáveis e maiores detalhes dos testes podem ser vistos no Apêndice 1. Uma vez classificadas as variáveis, procura-se neste tópico aplicar os testes estatísticos. Deseja-se realizar todas as combinações entre duas variáveis para saber se existe relação de dependência entre elas. Para tanto, os testes foram aplicados a partir das seguintes condições estatísticas:

- Se as duas variáveis são qualitativas nominais: **Estatística de Qui-quadrado de Pearson;**
- Se as duas variáveis são ordinais ou quantitativas: **Estatística de Spearman;**
- Se apenas uma for quantitativa: **Estatística de Kolmogorov Smirnov.**

Realizando uma análise sobre a sensibilidade da variação do nível de significância e o resultado do teste, observa-se que quanto menor o nível de significância, maior o nível de exigência para se rejeitar a hipótese de independência e, assim, menos relações de dependências são constatadas. Adotou-se como nível de significância escolhido  $\alpha = 0,01$ . Este nível demonstra ser mais adequado e quando comparado ao nível de significância normalmente aceitável ( $\alpha = 0,05$ ), mostra-se mais confiável. É importante destacar que o teste de hipótese pode ser dado a partir da comparação entre o p-valor da estatística calculada e  $\alpha$ .

A tabela 4.5 apresenta os resultados dos testes aplicados para a avaliação das dependências existentes entre as variáveis. A primeira linha desta tabela representa a variável estudada e os valores apresentados nas colunas são os resultados dos testes aplicados (p-valor) ao nível de significância de 0,01. Observando nos resultados em que  $p\text{-valor} < 0,01$ , percebe-se, por exemplo, que a variável da coluna  $Y_5$  (Índice de Theil) possui relação de dependência com as variáveis:  $Y_3$  (Pessoas residentes),  $Y_6$  (PIB per capita),  $Y_8$  (Região),  $Y_9$  (IDHM\_Educação) e  $Y_{11}$  (Pobreza). Procedendo da mesma forma para as outras colunas, podem-se encontrar todas as relações de dependências existentes apresentadas na matriz simétrica da tabela 4.5. Estas relações serão melhor abordadas na seção 4.5.

**Tabela 4.5 Resultado dos testes aplicados para análise das dependências entre as variáveis em termos do p-valor.**

Variável	Y <sub>4</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>12</sub>	Y <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>	Y <sub>5</sub>	Z <sub>2</sub>	Y <sub>10</sub>	Y <sub>9</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>8</sub>	Y <sub>7</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Y <sub>11</sub>
Y <sub>4</sub>																
Y <sub>2</sub>	0,0115															
Y <sub>12</sub>	0,0000	0,0000														
Y <sub>1</sub>	0,1600	0,0000	0,6486													
Z <sub>1</sub>	0,0000	0,5039	0,0000	0,0742												
Y <sub>5</sub>	0,0002	0,0000	0,0000	0,0004	0,3262											
Z <sub>2</sub>	0,0664	0,6772	0,1887	0,0009	0,0131	0,5815										
Y <sub>10</sub>	0,0000	0,0117	0,0000	0,2216	0,0000	0,0363	0,0309									
Y <sub>9</sub>	0,0000	0,0028	0,0000	0,0839	0,0000	0,0072	0,0952	0,0000								
Y <sub>3</sub>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000							
Y <sub>6</sub>	0,0000	0,0537	0,0000	0,5285	0,0001	0,0025	0,1541	0,0000	0,0000	0,1037						
Y <sub>8</sub>	0,0000	0,0000	0,0001	0,0308	0,0547	0,0000	0,0746	0,0000	0,0000	0,0002	0,0000					
Y <sub>7</sub>	0,0000	0,0000	0,0000	0,0003	0,0000	0,0103	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000				
Z <sub>3</sub>	0,0663	0,0444	0,2703	0,0296	0,8671	0,5548	0,8258	0,0344	0,0067	0,8658	0,1508	0,0000	0,3770			
Z <sub>4</sub>	0,0002	0,0066	0,0001	0,1642	0,4910	0,0984	0,0151	0,0002	0,0000	0,0000	0,3531	0,1508	0,0002	0,0000		
Y <sub>11</sub>	0,0000	0,0002	0,0000	0,1709	0,0030	0,0000	0,3997	0,0000	0,0000	0,2691	0,0000	0,3531	0,0000	0,0389	0,0209	
X	0,0564	0,4024	0,0063	0,0959	0,0235	0,4836	0,5750	0,0937	0,2949	0,0000	0,0118	0,0000	0,0253	0,6357	0,3226	0,0964

### 4.5 Identificação das relações de dependências existentes para montagem da rede Bayesiana

Através da leitura da matriz simétrica, identificam-se todas as relações existentes. A Figura 4.6 mostra o grafo das relações de dependências entre as variáveis do problema da corrupção nos processos de licitação pública.

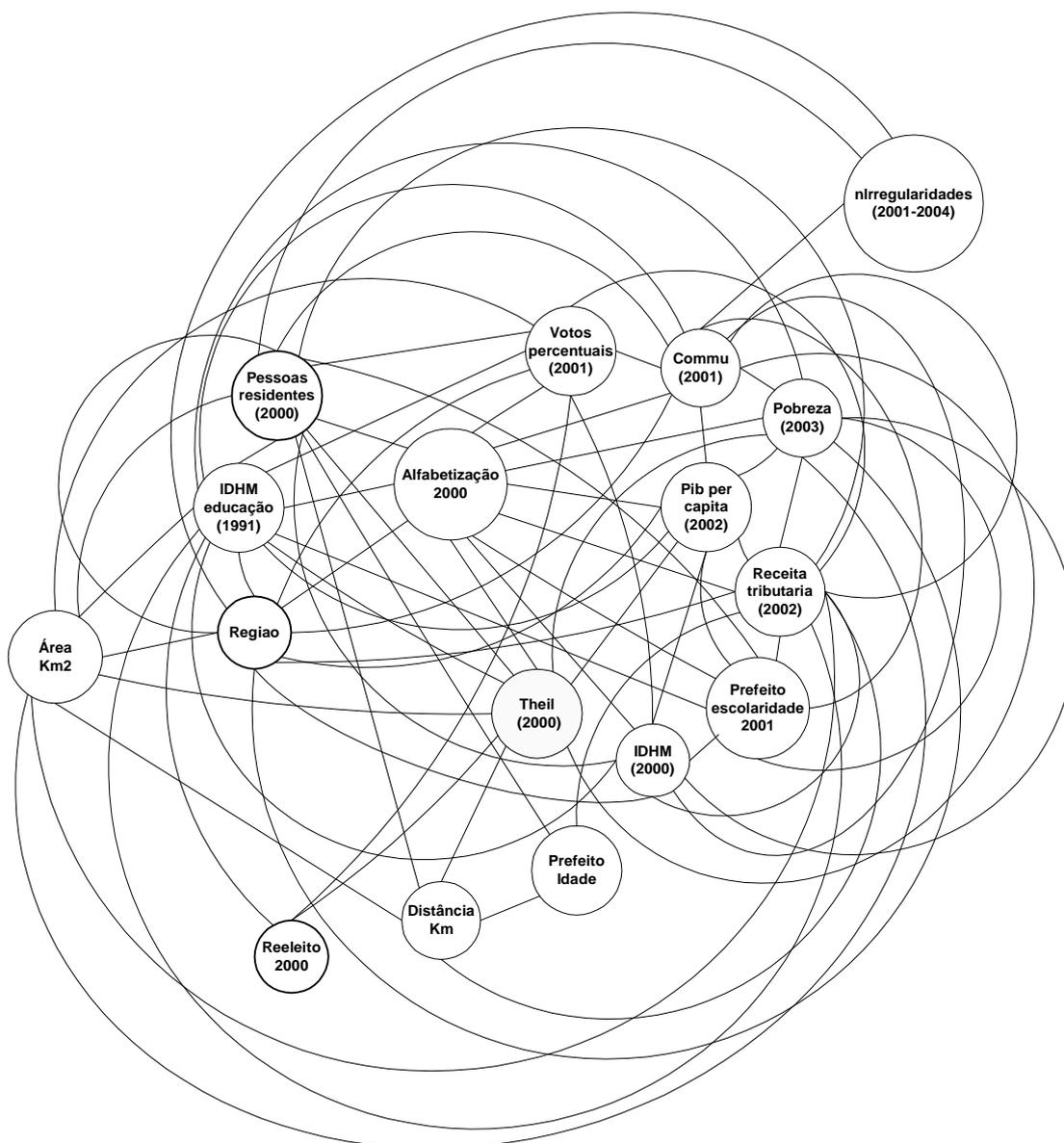


Figura 4.6 Grafo das relações de dependência entre as variáveis envolvidas no problema.

Uma vez definida as relações de dependência entre as variáveis estudadas, busca-se agora identificar as relações de causalidades existentes para construção da rede Bayesiana proposta. Para tanto, tenta-se definir a direção da seta, a qual aponta para o efeito gerado. Esta identificação será feita de duas maneiras.

A primeira atende a ordem cronológica das variáveis temporais, ou seja, variáveis que possuem uma relação de dependência entre si e que foram observadas em épocas distintas, pode-se dizer que a variável que antecede temporalmente outra variável é a causa desta. Por exemplo: se existe uma relação de dependência entre o **IDHM\_Educação (1991)** e o **índice de Alfabetização (2000)**, há características intrínsecas à primeira que exercem causalidade sobre a segunda.

A segunda identificação diz respeito às variáveis atemporais, ou seja, quando pelo menos uma das variáveis não depende do tempo. Neste caso, a identificação é feita através de explicações socioeconômicas, políticas e/ou através de trabalhos com comprovações científicas. Por exemplo: se existe uma relação de dependência entre **Região e Alfabetização (2000)**, pode-se dizer que o índice de alfabetização do município depende da localização do mesmo, ou seja, depende da região do Brasil em que ele está localizado. Entre as regiões, a Região Sul se destaca positivamente como a região com o menor percentual de analfabetos, calculada em 4,7% de sua população, e efetivamente, a única região com mais de 95% de alfabetização. Em contrapartida, aparece a Região Nordeste, com mais de 17% de sua população sendo analfabeta em 2010<sup>18</sup>.

Em relação a segunda identificação, existem fortes evidências de que a seta aponta na direção escolhida, mas é importante enfatizar que pode ser que em alguns casos, exista um *feedback* ou efeito reverso. Porém, este retorno não será considerado neste trabalho.

Dessa forma, as relações de causalidades entre as variáveis da Tabela 4.4 serão abordadas nesta seção. Para uma melhor visualização e facilitar o entendimento, estas relações serão apresentadas em 14 redes Bayesianas. Esta separação faz-se necessária porque a apresentação em uma única rede traria várias sobreposições de arcos dificultando a leitura da rede como pôde ser visto no grafo da Figura 4.6.

---

<sup>18</sup> Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2010). *Tabela 8.2 - Taxa de analfabetismo das pessoas de 10 anos ou mais de idade, por cor ou raça, segundo as Grandes Regiões, Unidades da Federação e Regiões Metropolitanas - 2010.*

#### **4.5.1 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Alfabetização.**

Percebe-se na rede da Figura 4.7 que a variável Alfabetização é temporal e possui observações coletadas no ano 2000. Conseqüentemente, seguindo a ordem cronológica dos dados, esta variável possui como causa a variável temporal IDHM\_Educação (1991) e como conseqüências as variáveis temporais: Votos percentuais (2001), Comunicação (2001), Pobreza (2003), PIB per capita (2002), Receita tributária (2002), Escolaridade do prefeito (2001).

Em relação às variáveis temporais que possuem observações coletadas no mesmo ano que a variável analisada ou variáveis atemporais, é necessário avaliar melhor a definição dessas variáveis para poder identificar as causalidades envolvidas.

Percebe-se na Figura 4.7 que a alfabetização recebe influência do número de pessoas que moram no município (Pessoas residentes). A Figura 4.8 mostra que o percentual de pessoas alfabetizadas aumenta para municípios que possuem um número de pessoas residentes maior que a média. Pode-se dizer que um município que possui um melhor desenvolvimento socioeconômico oferece melhores condições de vida e naturalmente cresce em número de habitantes, o que influencia no índice de alfabetização do mesmo.

A Figura 4.7 também mostra que a alfabetização influencia o IDHM e o Theil. Quanto ao IDHM, pode-se verificar no tópico 4.1.1.1 que a Taxa de alfabetização (TA) é um dos indicadores para o cálculo do IDHM, deixando claro que o número de pessoas alfabetizadas influencia funcionalmente o índice de desenvolvimento humano do município. Percebe-se na Figura 4.9 que os municípios que têm maior índice de alfabetização, possuem um IDHM acima da média do IDHM dos municípios. Em relação ao índice Theil, Ferreira (2000) argumenta que a evidência empírica sugere fortemente que a educação é a variável de maior poder explicativo para a desigualdade brasileira. Ele conclui que uma grande desigualdade educacional gera um alto nível de concentração de renda, a qual, por sua vez, pode implicar numa distribuição desigual de poder político. A Figura 4.10 mostra que os municípios que têm maior índice de alfabetização, possuem um índice Theil abaixo da média do índice Theil dos municípios.

Em relação de dependência entre Região e Alfabetização, pode-se dizer que o índice de alfabetização do município depende da região em que o mesmo está localizado como já foi comentado anteriormente.

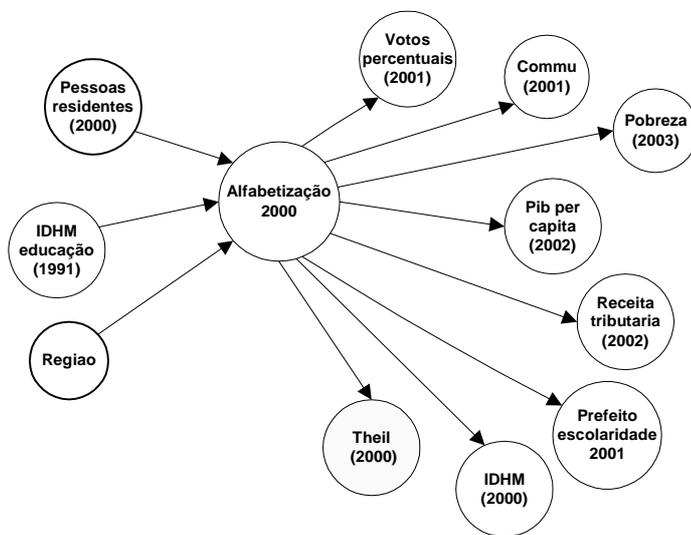


Figura 4.7 Rede Bayesiana para a Alfabetização

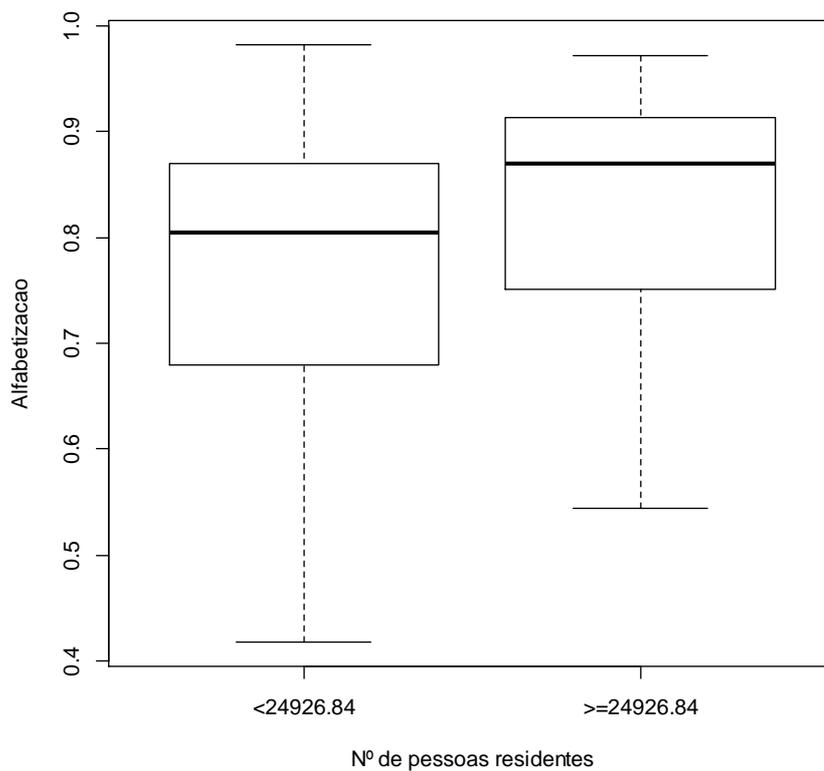


Figura 4.8 Percentual de pessoas alfabetizadas em relação à média de pessoas residentes nos municípios brasileiros.

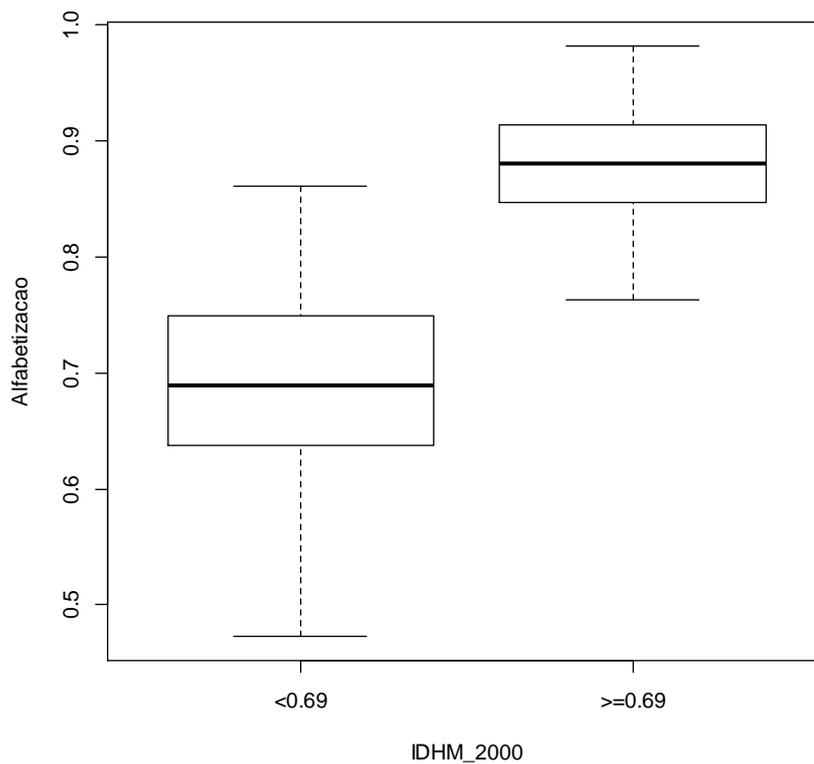


Figura 4.9 Percentual de pessoas alfabetizadas em relação à média do IDHM nos municípios brasileiros.

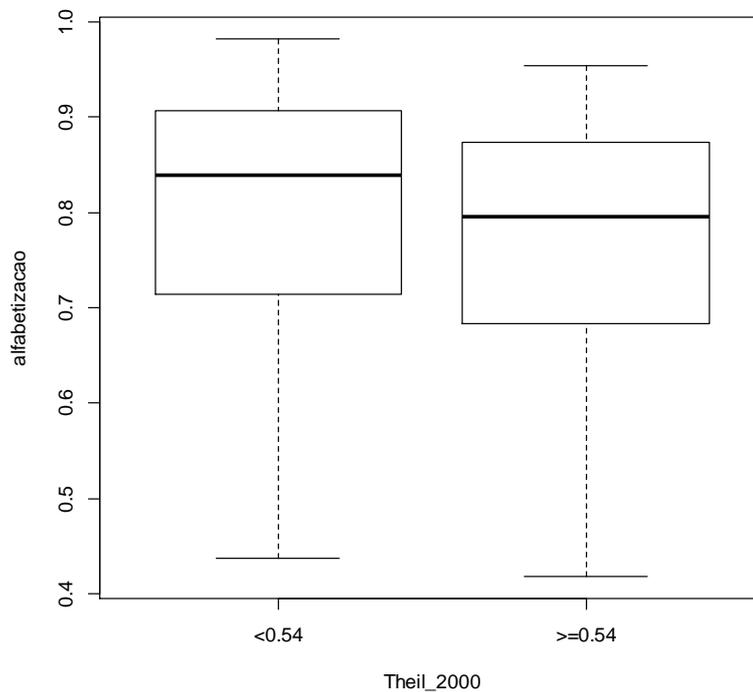


Figura 4.10 Percentual de pessoas alfabetizadas em relação à média do índice Theil nos municípios brasileiros.

#### **4.5.2 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Área do município.**

Percebe-se na rede da Figura 4.11 que a variável Área recebe influências das variáveis: Região e Distância e influencia as variáveis: Votos percentuais (2001), Comunicação (2001), Pobreza (2003), Pessoas residentes (2000), Receita tributária (2002), IDHM - Educação (1991) e Theil (2000).

Quanto à distância do município à capital, percebe-se na Figura 4.12 que os municípios com maior área, possuem uma distância à capital acima da média das distâncias dos municípios à capital. Pode-se dizer que a distância influencia no seu tamanho porque normalmente as cidades mais próximas da capital ou cidades adjacentes formam uma grande área urbanizada resultando numa maior densidade populacional e demarcação de espaços. Já nos municípios mais distantes da capital envolve-se uma menor disputa por espaço físico, levando a maiores áreas.

Quanto à região, percebe-se na Figura 4.13 que a área do município também depende da região em que ele está localizado. Por exemplo, as áreas dos municípios que se localizam no norte e centro-oeste se destacam em relação às áreas dos municípios das outras regiões.

Quanto ao IDHM (Educação), observa-se na Figura 4.14 que os municípios que têm maior área, possuem um IDHM (Educação) abaixo da média do IDHM (Educação) dos municípios, o que corrobora com a explicação para a relação entre distância e área, ou seja, normalmente os municípios que estão afastados dos grandes centros são maiores em áreas e possuem o IDHM (Educação) menor que a média do IDHM (Educação).

O volume de receitas tributárias arrecadadas reflete o peso e a magnitude da economia de um município. Normalmente, quanto maior a população de um município, maior a sua receita tributária. A Figura 4.15 mostra que os municípios com maior área, possuem uma receita tributária acima da média da receita tributária dos municípios. Como pode ser visto na Figura 4.16, a área exerce uma influência na quantidade de pessoas residentes no município, ou seja, normalmente quanto maior a área, maior a população. Consequentemente, pode-se dizer que a área influencia a receita tributária de um município.

Quanto ao índice Theil, percebe-se na Figura 4.17 que para áreas maiores, este índice é maior que o índice médio dos municípios, ou seja, normalmente a desigualdade aumenta para áreas maiores. Dessa forma, pode-se dizer que a área exerce uma influência diretamente proporcional na desigualdade de renda.

As Figuras 4.18 e 4.19 referem-se aos votos percentuais e votos totais respectivamente. Percebe-se que municípios com maiores áreas, possuem uma quantidade de votos totais acima da média da quantidade de votos totais dos municípios. Isso reflete que normalmente municípios maiores possuem uma maior população e conseqüentemente, uma maior quantidade de eleitores. No entanto, em relação aos votos percentuais, observa-se sutilmente uma relação inversa com a área, ou seja, aparentemente parece que municípios com menores áreas possuem um percentual de votos acima da média do percentual de votos dos municípios. Esta diferença pode-se ser explicada porque, ao considerar os votos percentuais válidos, os votos brancos e nulos são desconsiderados.

Em relação aos veículos de comunicação (cumulativamente nenhum, rádio AM, rádio FM, TV, internet), percebe-se na Figura 4.20 que os municípios com maiores áreas, possuem um número de veículos de comunicação acima da média do número de veículos de comunicação dos municípios.

Em relação à pobreza, percebe-se na Figura 4.21 que municípios com maiores áreas, possuem um índice de pobreza acima da média dos índices de pobreza dos municípios. Esta relação direta também foi encontrada para o índice Theil de desigualdade e área do município (Figura 4.17), o que comprova que quanto maior o município, maior a desigualdade e maior a pobreza.

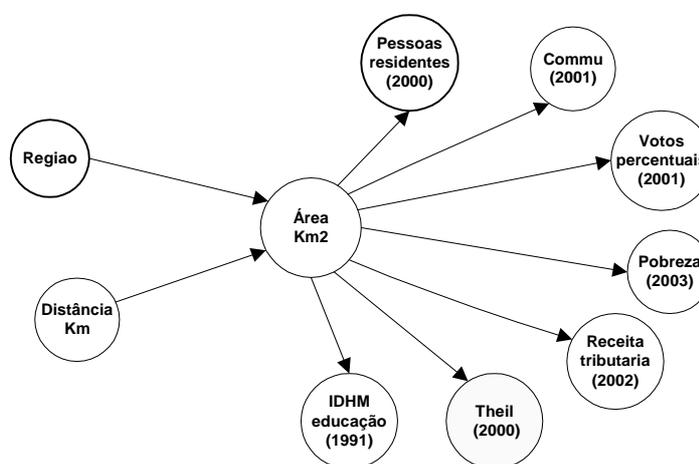


Figura 4.11 Rede Bayesiana para a Área

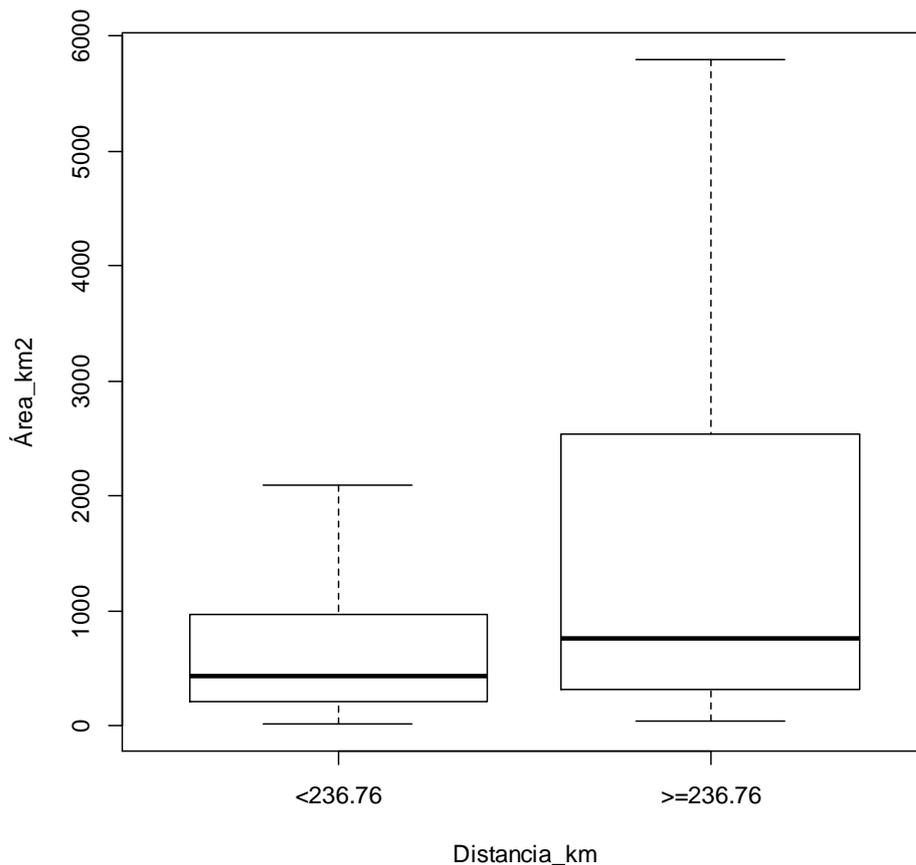


Figura 4.12 Área dos municípios em relação à média da distancia dos municípios às suas capitais.

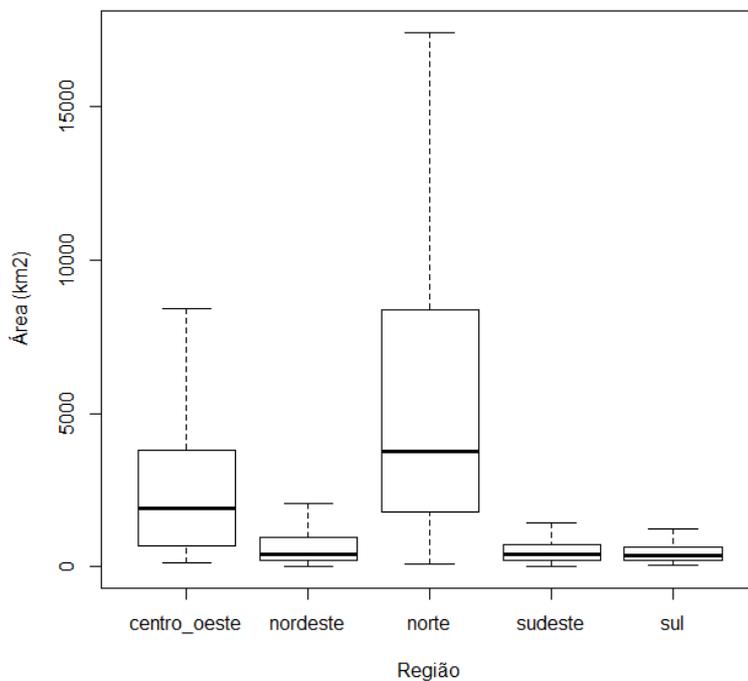


Figura 4.13 Área dos municípios em relação à região.

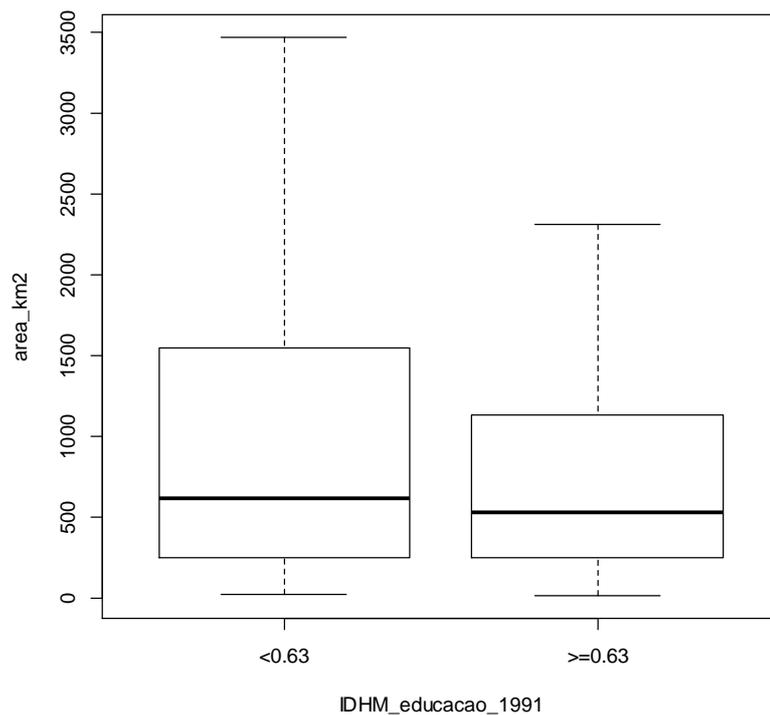


Figura 4.14 Área dos municípios em relação à média do IDHM (Educação) dos municípios brasileiros.

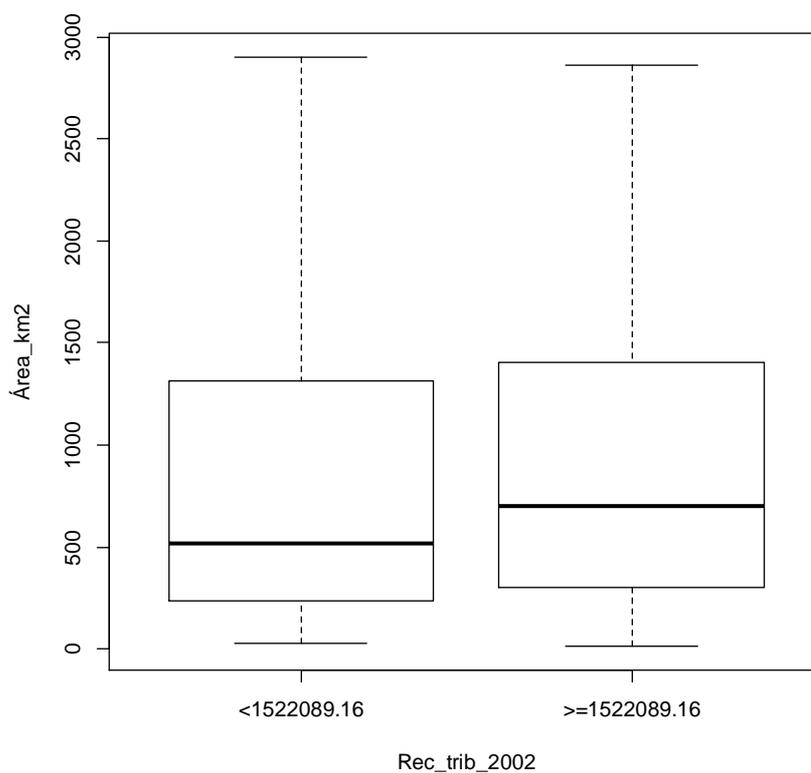


Figura 4.15 Área dos municípios em relação à média da receita tributaria dos municípios brasileiros.

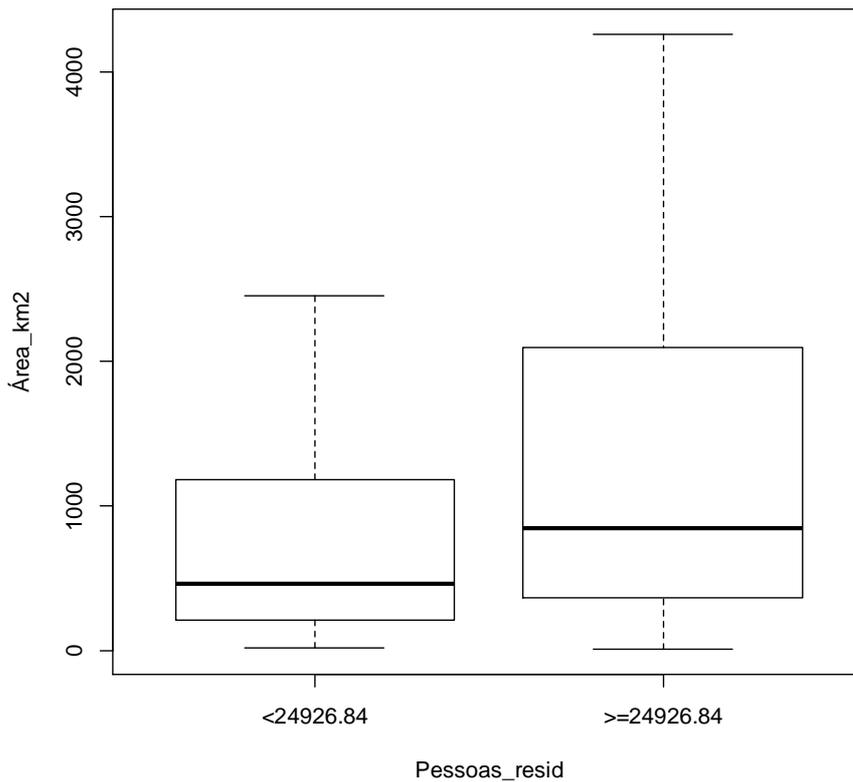


Figura 4.16 Área dos municípios em relação à média das pessoas residentes nos municípios brasileiros.

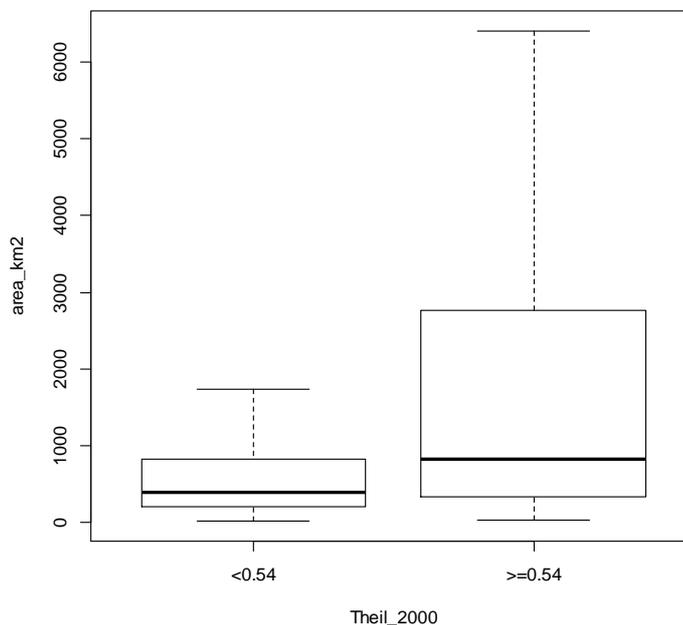


Figura 4.17 Área dos municípios em relação à média do índice Theil dos municípios brasileiros.

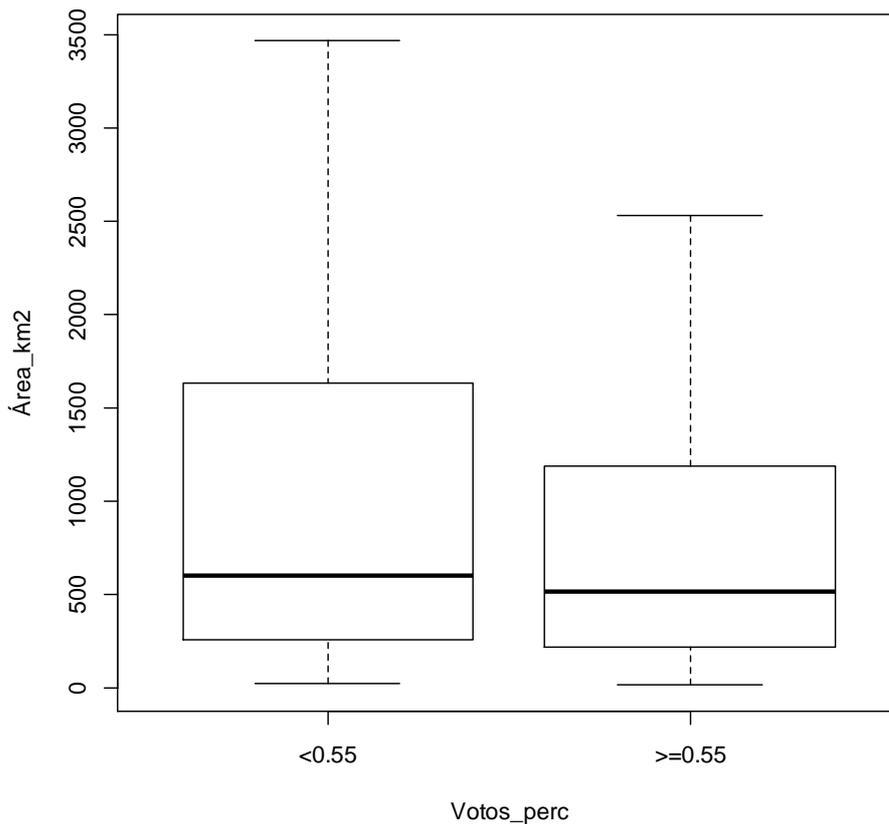


Figura 4.18 Área dos municípios em relação à média dos votos percentuais dos municípios brasileiros.

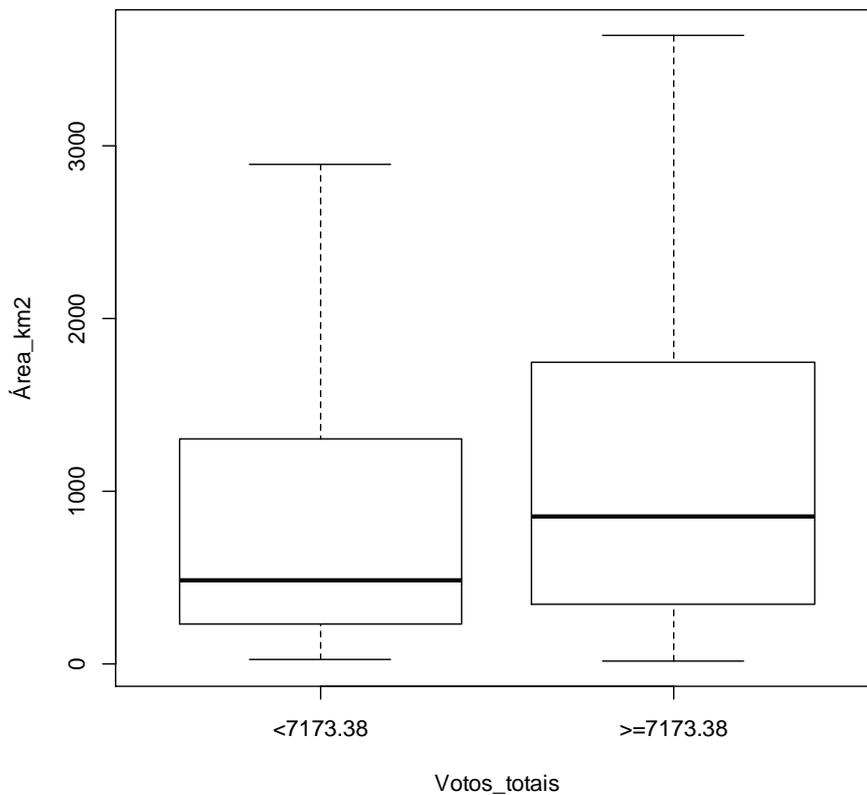


Figura 4.19 Área dos municípios em relação à média dos votos totais dos municípios brasileiros.

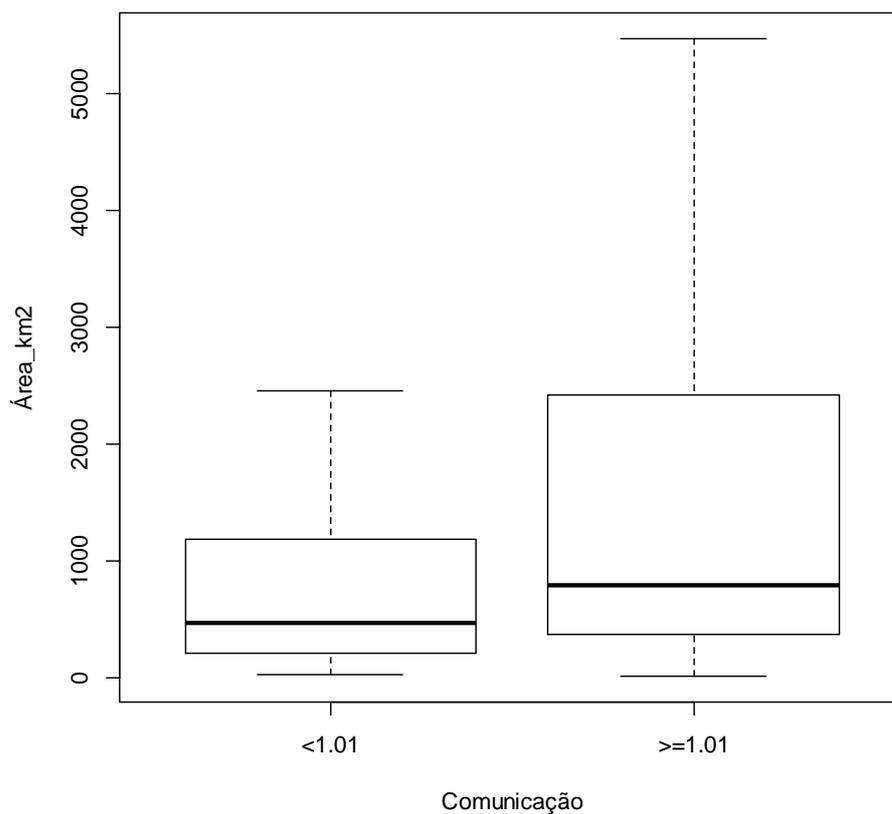


Figura 4.20 Área dos municípios em relação à comunicação dos municípios brasileiros.

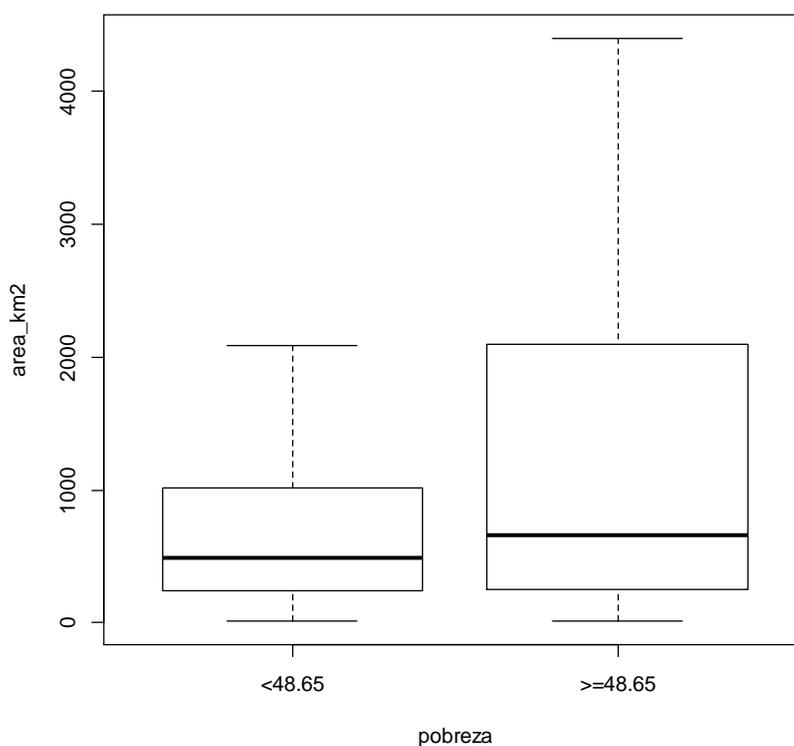


Figura 4.21 Área dos municípios em relação à média percentual de pobreza dos municípios brasileiros.

### **4.5.3 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Comunicação do município.**

Percebe-se na rede da Figura 4.22 que a variável Comunicação é temporal e possui observações coletadas no ano 2001. Conseqüentemente, seguindo a ordem cronológica dos dados, esta variável possui como causas temporais: Pessoas residentes (2000), IDHM (2000), IDHM\_educação (1991), Theil (2000) e como conseqüências as variáveis temporais: Pobreza (2003), PIB\_pc (2002) e Receita tributária (2002).

Em relação às variáveis temporais que possuem observações coletadas no mesmo ano que a variável analisada ou variáveis atemporais, é necessário avaliar melhor a definição dessas variáveis para poder identificar as causalidades envolvidas. Neste caso, têm-se as variáveis: Região, Votos percentuais (2001), nIrregularidades (2001-2004) e Escolaridade do prefeito (2001).

As Figuras 4.23 e 4.24 referem-se à relação de dependência da comunicação com as variáveis: votos percentuais e votos totais respectivamente. Percebe-se que o número de veículos de comunicação aumenta à medida que a quantidade de votos totais do município aumenta. Isso reflete que normalmente municípios maiores possuem uma maior população, um maior desenvolvimento e conseqüentemente, possui uma maior quantidade de recursos de comunicação. No entanto, em relação aos votos percentuais, observa-se sutilmente uma relação inversa com a comunicação, ou seja, aparentemente parece que o número de veículos de comunicação diminui à medida que a quantidade de votos percentuais do município aumenta. Esta diferença pode-se ser explicada porque, ao considerar os votos percentuais válidos, os votos brancos e nulos são desconsiderados.

Em relação à dependência entre o número de irregularidades e os níveis de comunicação do município, percebe-se na Figura 4.25 que os municípios que possuem um número de veículos de comunicação acima da média cometem mais irregularidades. Uma possível explicação para este resultado é que os municípios que possuem mais opções de comunicação facilitam os esquemas de corrupção.

Quanto à relação de dependência entre os níveis de comunicação do município e a escolaridade do prefeito, existe uma correlação positiva que pode ser vista no Apêndice 1, ou seja, quanto mais veículos de comunicação, melhor será o grau de escolaridade do prefeito.

Quanto à relação entre os níveis de comunicação e a região, existe uma correlação positiva também, ou seja, quanto mais desenvolvida for a região, maior número de veículos de comunicação, ela terá.

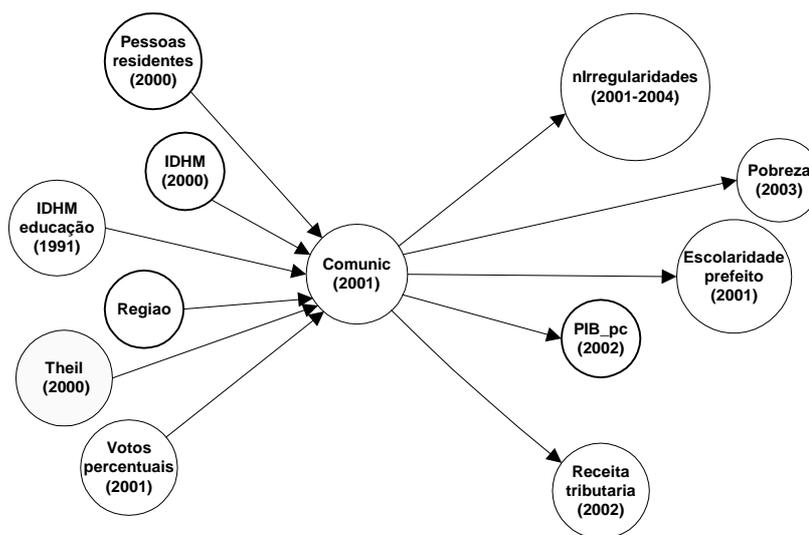


Figura 4.22 Rede Bayesiana para a Comunicação

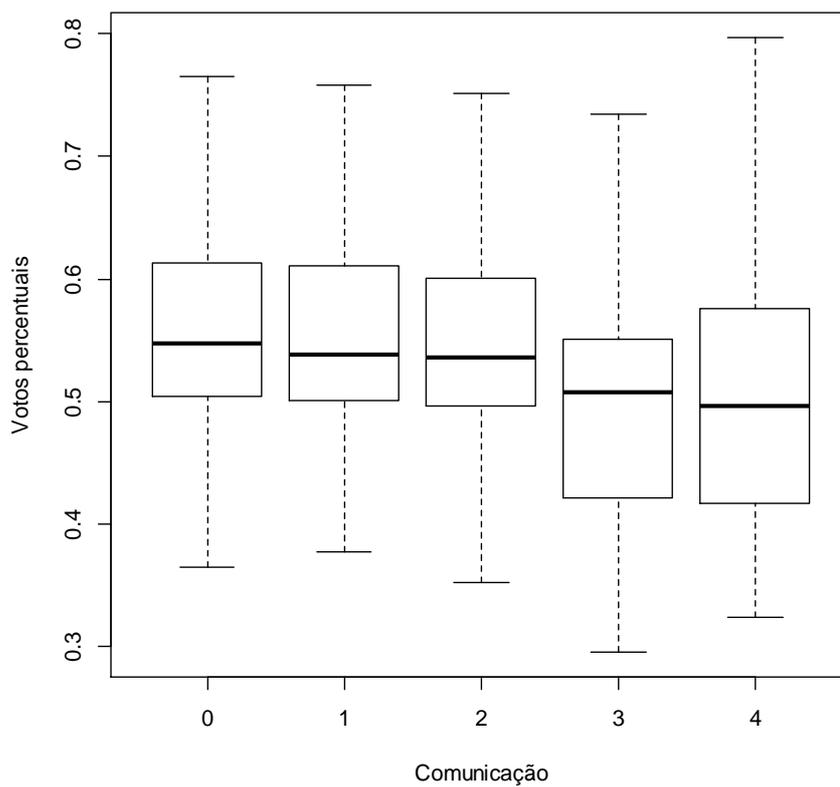


Figura 4.23 Votos percentuais em relação aos níveis de Comunicação.

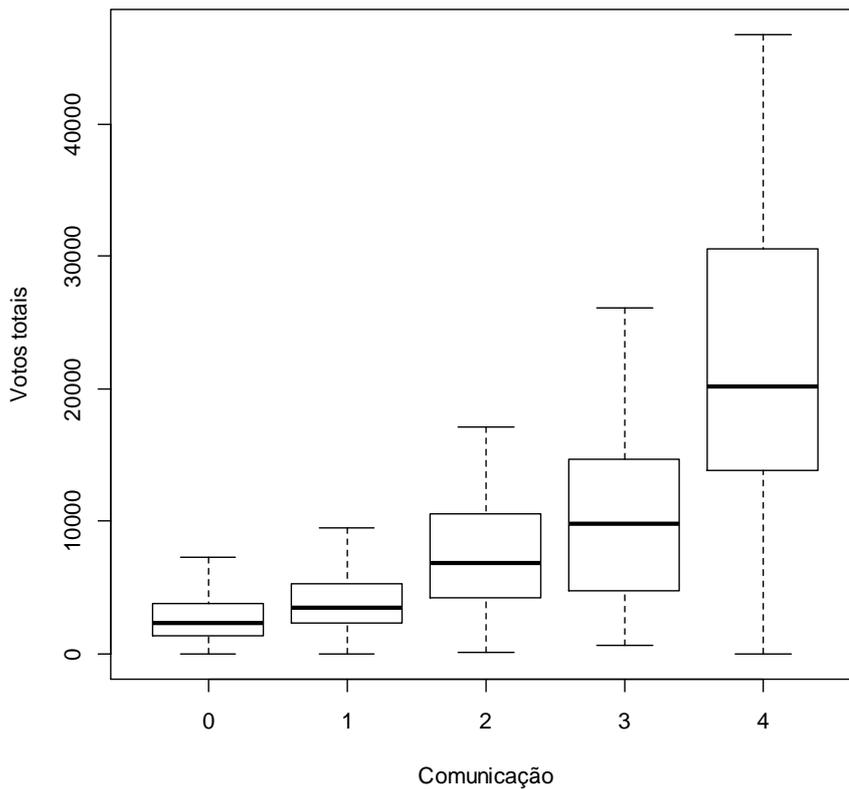


Figura 4.24 Votos totais em relação aos níveis de Comunicação.

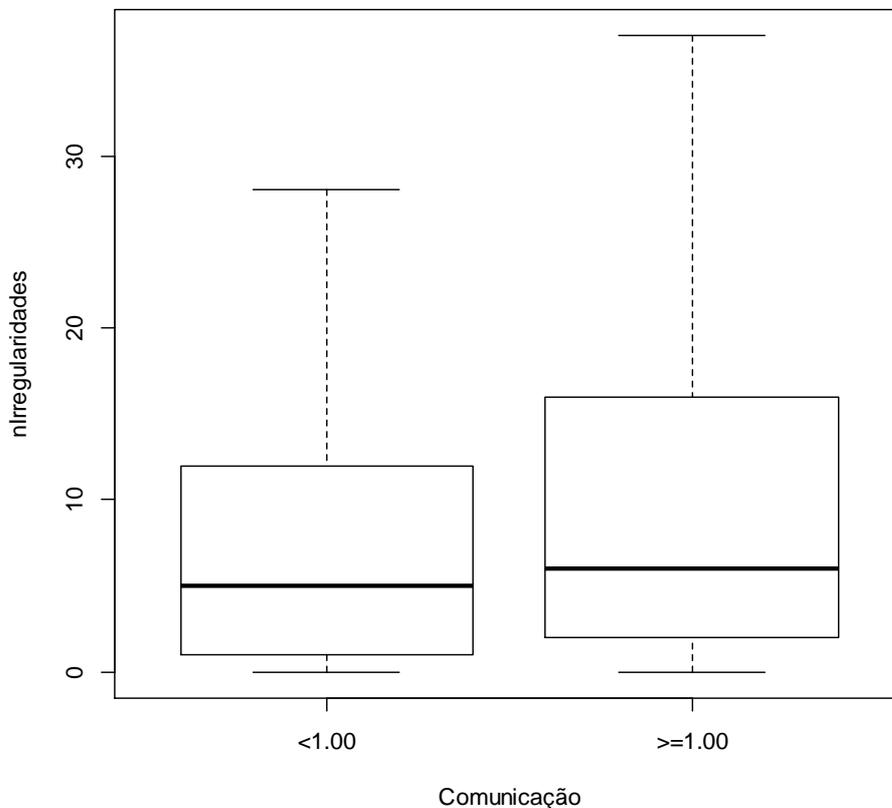


Figura 4.25 Números de irregularidades em relação aos níveis de Comunicação.

#### 4.5.4 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Distância do município à capital

Percebe-se na rede da Figura 4.26 que a variável Distância é atemporal. Esta variável possui como consequências as variáveis temporais: Pessoas residentes (2000), Theil (2000), Receita tributária (2000) e Idade dos prefeitos.

A Figura 4.27 mostra que o número de pessoas residentes diminui para municípios que possuem uma distância à capital acima da média das distâncias dos municípios à capital, ou seja, cidades mais distantes da capital resultam em menor densidade populacional e demarcação de espaços. Consequentemente, estas cidades possuem um menor número de pessoas residentes.

Em relação à Idade dos prefeitos, a Figura 4.28 mostra que a Idade dos prefeitos diminui para municípios que possuem uma distância à capital acima da média das distâncias dos municípios à capital. A distribuição da idade dos prefeitos para o conjunto de municípios do Brasil mostra que existe uma tendência no sentido de que aumenta a idade à medida que aumenta o porte demográfico dos municípios (IBGE, 2002).

Na Figura 4.29, percebe-se que o índice de desigualdade Theil aumenta para municípios que possuem uma distância à capital acima da média das distâncias dos municípios à capital. Este fato corrobora com o que foi comentado para área e Theil no tópico 4.5.2, ou seja, os municípios com maior área e menor densidade demográfica, normalmente são afastados dos grandes centros e possuem maior desigualdade de renda.

Para a relação entre Receita tributária e Distância, observa-se na Figura 4.30 que normalmente a receita diminui para municípios que possuem uma distância à capital acima da média das distâncias dos municípios à capital, ou seja, quanto mais afastado o município dos grandes centros, menor será sua receita tributária.

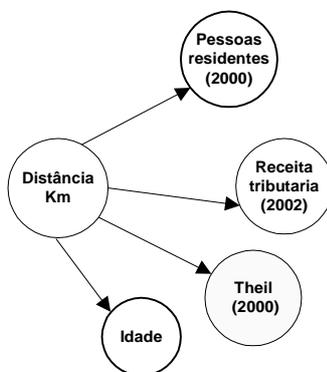


Figura 4.26 Rede Bayesiana para a Distância

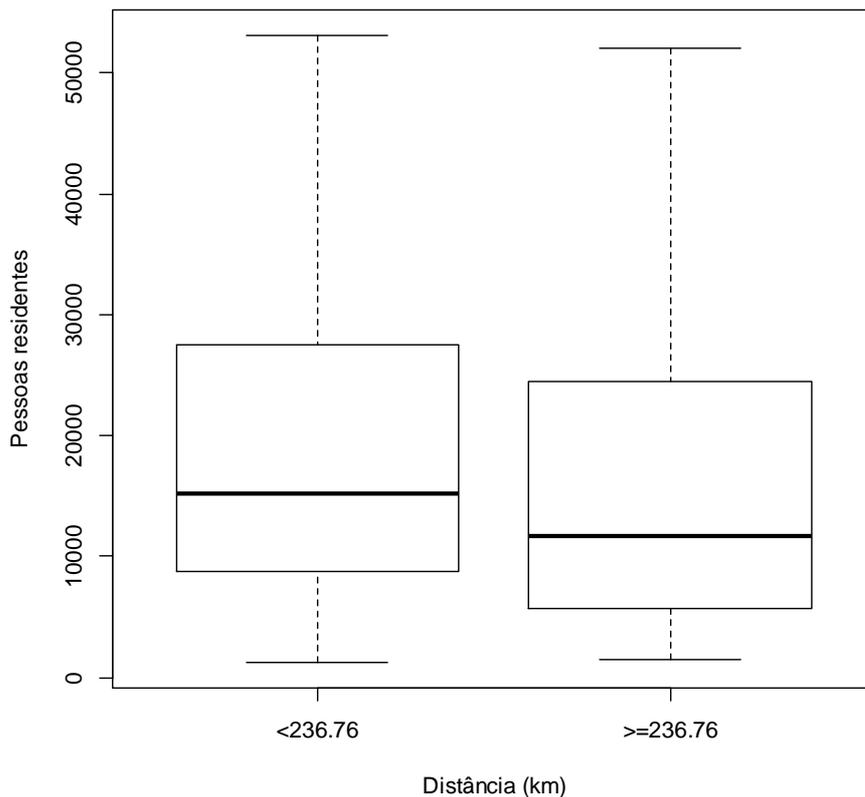


Figura 4.27 Pessoas residentes em relação à distância dos municípios a capital.

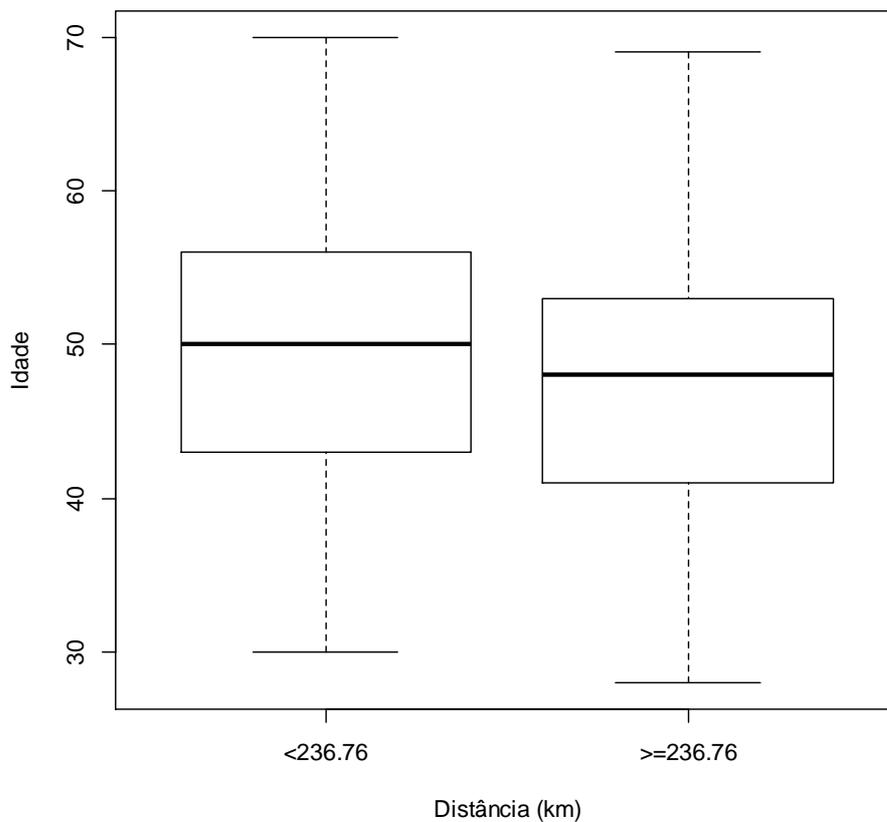


Figura 4.28 Idade dos prefeitos em relação à distância dos municípios a capital.

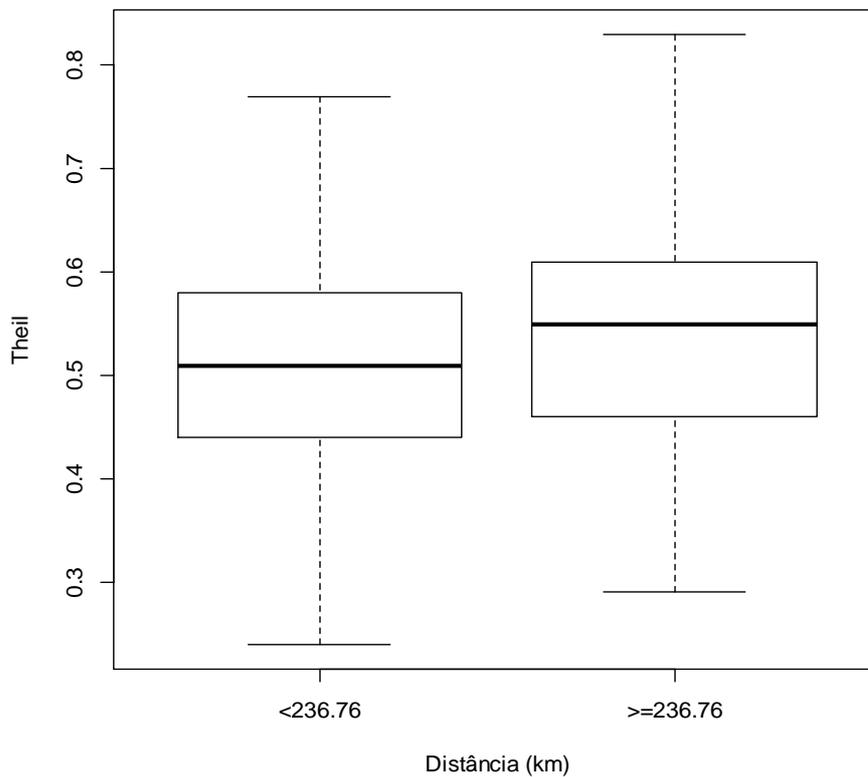


Figura 4.29 Theil em relação à distância dos municípios a capital.

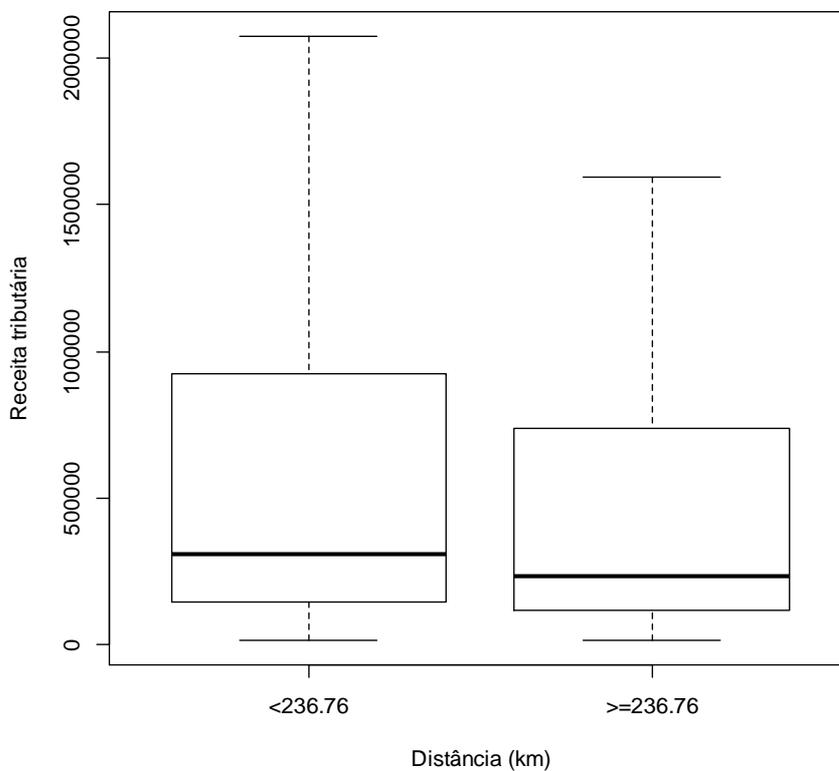


Figura 4.30 Receita tributária em relação à distância dos municípios a capital.

#### 4.5.5 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Escolaridade do prefeito

Percebe-se na rede da Figura 4.31 que a variável Escolaridade do prefeito é temporal e possui observações coletadas no ano 2001. Consequentemente, seguindo a ordem cronológica dos dados, esta variável possui como causas temporais: Pessoas residentes (2000), IDHM (2000) e IDHM\_educação (1991), e como consequências as variáveis temporais: Pobreza (2003), PIB\_pc (2002) e Receita tributária (2002).

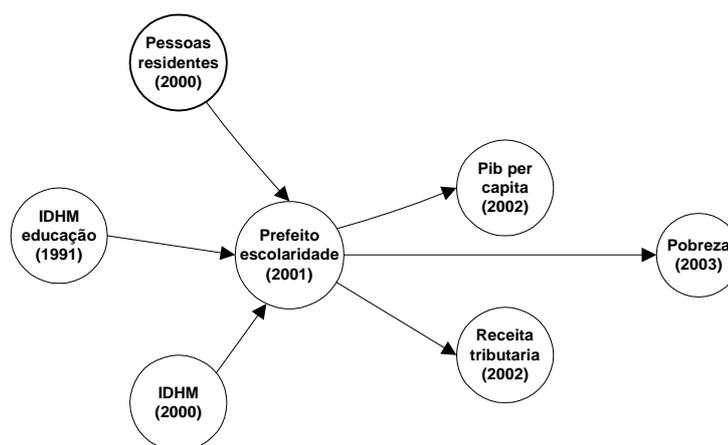


Figura 4.31 Rede Bayesiana para a Escolaridade do prefeito.

#### 4.5.6 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com o índice de Theil.

Percebe-se na rede da Figura 4.32 que a variável Theil é temporal e possui observações coletadas no ano 2000. Consequentemente, seguindo a ordem cronológica dos dados, esta variável possui como causa temporal: IDHM\_educação (1991), e como consequências as variáveis temporais: Pobreza (2003) e PIB\_pc (2002).

Em relação às variáveis temporais que possuem observações coletadas no mesmo ano que a variável analisada ou variáveis atemporais, é necessário avaliar melhor a definição dessas variáveis para poder identificar as causalidades envolvidas. Neste caso, têm-se as variáveis: Região e Pessoas residentes (2000).

A Figura 4.33 mostra que o índice Theil aumenta para municípios que possuem um número de pessoas residentes maior que a média. Municípios mais populosos possuem desigualdade de renda maior que os menos populosos<sup>19</sup>.

<sup>19</sup> Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2000 e Pesquisa de Orçamentos Familiares - POF 2002/2003.

Em relação à região, percebe-se na Figura 4.34 que a região influencia a desigualdade. Em ordem crescente de desigualdade em 2000, têm-se as regiões sudeste, sul, centro-oeste, nordeste e norte.

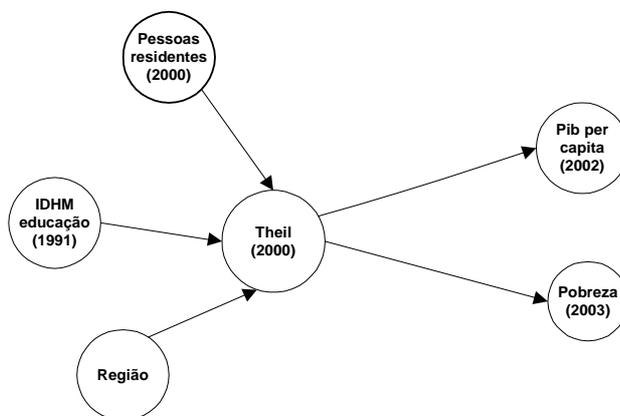


Figura 4.32 Rede Bayesiana para o índice de Theil.

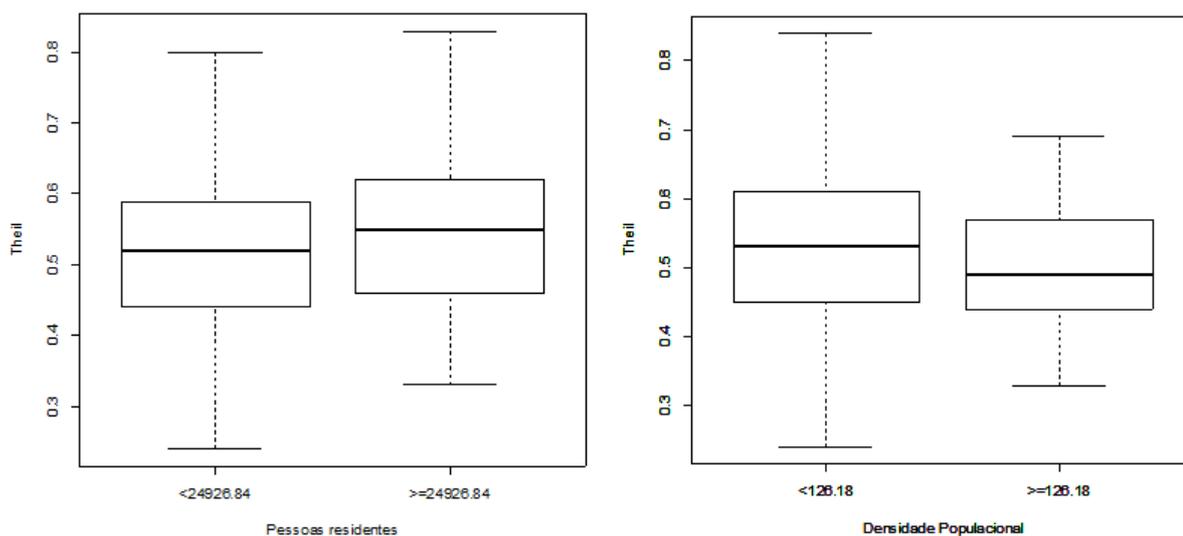


Figura 4.33 Theil em relação a Pessoas residentes e Densidade populacional.

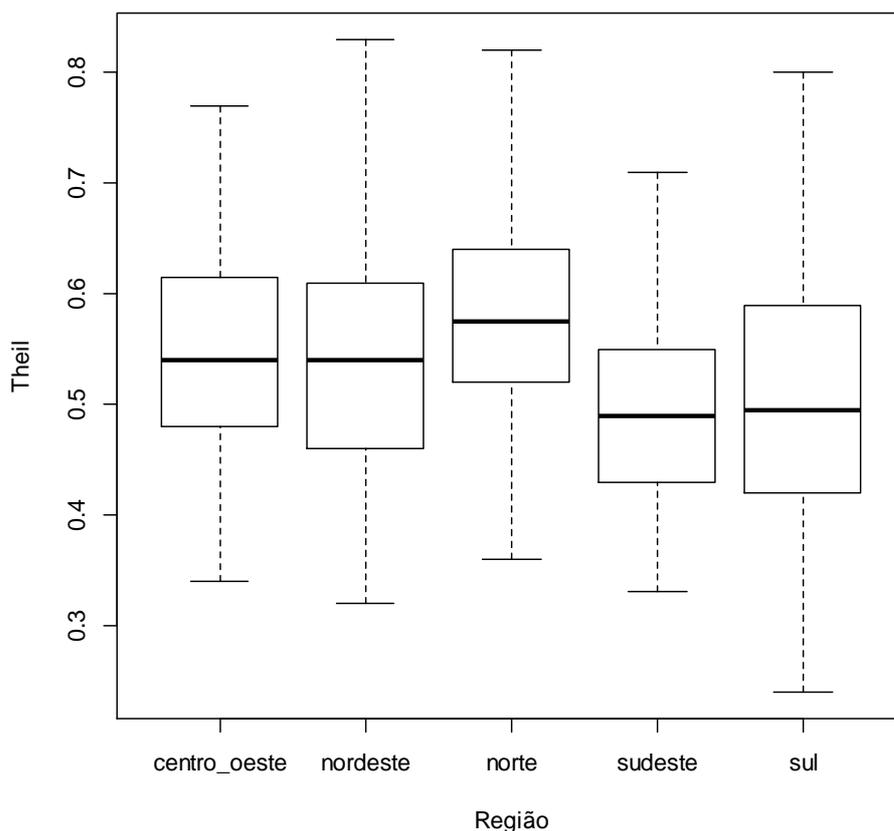


Figura 4.34 Theil em relação à região.

#### 4.5.7 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Idade do prefeito.

Percebe-se na rede da Figura 4.35 que a variável Idade é temporal e possui observações coletadas no ano 2001. Conseqüentemente, seguindo a ordem cronológica dos dados, esta variável possui como causa temporal: Pessoas residentes (2000), e como consequência a variável temporal: Receita tributária (2002).

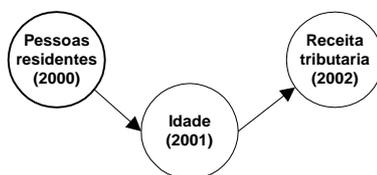


Figura 4.35 Rede Bayesiana para a Idade dos prefeitos.

#### 4.5.8 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com o IDHM.

Percebe-se na rede da Figura 4.36 que a variável IDHM é temporal e possui observações coletadas no ano 2000. Conseqüentemente, seguindo a ordem cronológica dos dados, esta variável possui como causa temporal: IDHM\_educação (1991), e como conseqüências as variáveis temporais: Pobreza (2003) e PIB\_pc (2002) e Receita tributária (2002)

Em relação às variáveis temporais que possuem observações coletadas no mesmo ano que a variável analisada ou variáveis atemporais, é necessário avaliar melhor a definição dessas variáveis para poder identificar as causalidades envolvidas. Neste caso, têm-se as variáveis: Região e Pessoas residentes (2000) e Votos percentuais (2000).

A Figura 4.37 mostra que a região influencia o IDHM. Em ordem crescente de IDHM, têm-se as seguintes regiões: Nordeste, Norte, Centro-oeste, Sudeste e Sul.

As Figuras 4.38 e 4.39 referem-se à relação de dependência com as variáveis: votos totais e votos percentuais respectivamente. Percebe-se que a quantidade de votos totais aumenta para municípios que possuem IDHM acima da média do IDHM dos municípios. Isso reflete que normalmente municípios maiores possuem uma maior população, um maior desenvolvimento e conseqüentemente, possui uma maior quantidade de votos. No entanto, como já observado em outras relações anteriores que envolvem estas variáveis, em relação aos votos percentuais, observa-se sutilmente uma relação inversa com o IDHM, ou seja, aparentemente parece que os votos percentuais diminuem à medida que o IDHM do município aumenta. Mais uma vez, esta diferença pode-se ser explicada porque, ao considerar os votos percentuais válidos, os votos brancos e nulos são desconsiderados.

A Figura 4.40 mostra que o número de pessoas residentes influencia no IDHM. Observa-se que o IDHM aumenta para municípios que possuem um número de pessoas residentes acima da média do número de pessoas residentes dos municípios.

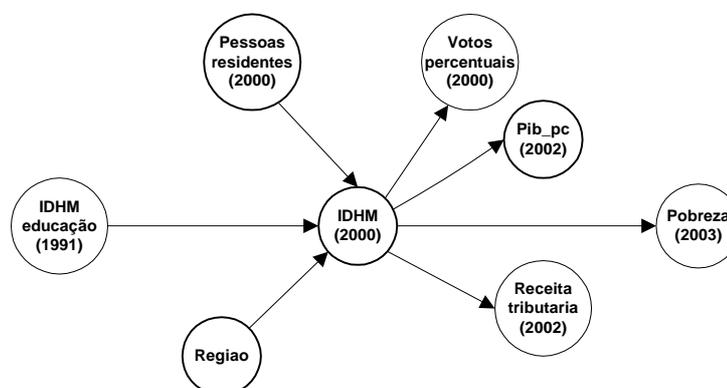


Figura 4.36 Rede Bayesiana para o IDHM.

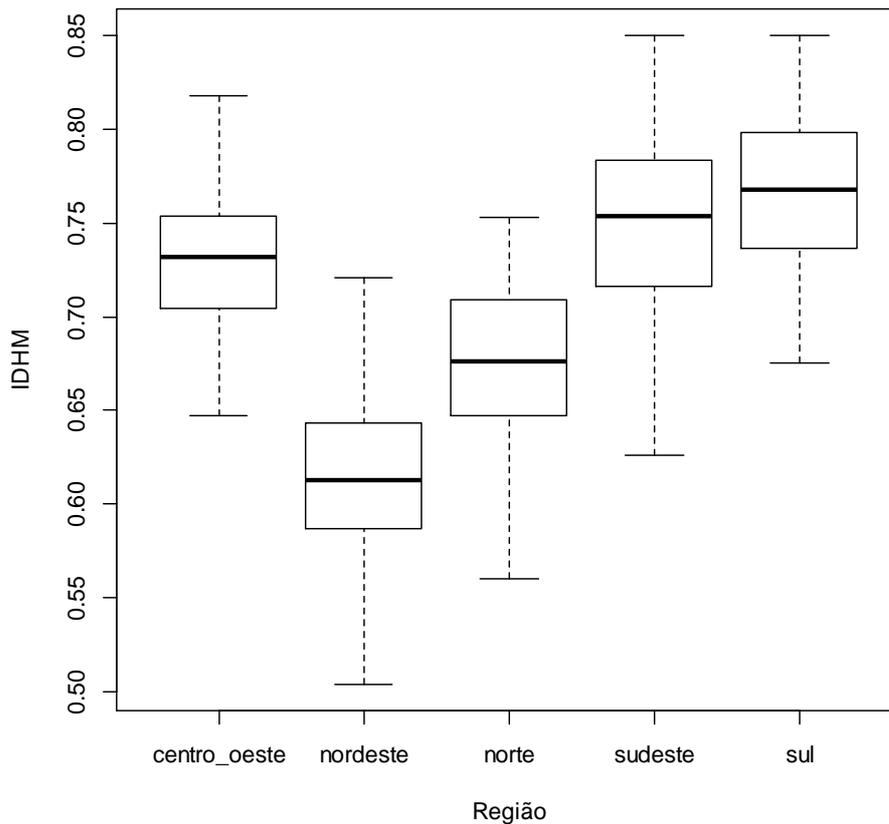


Figura 4.37 IDHM em relação à região.

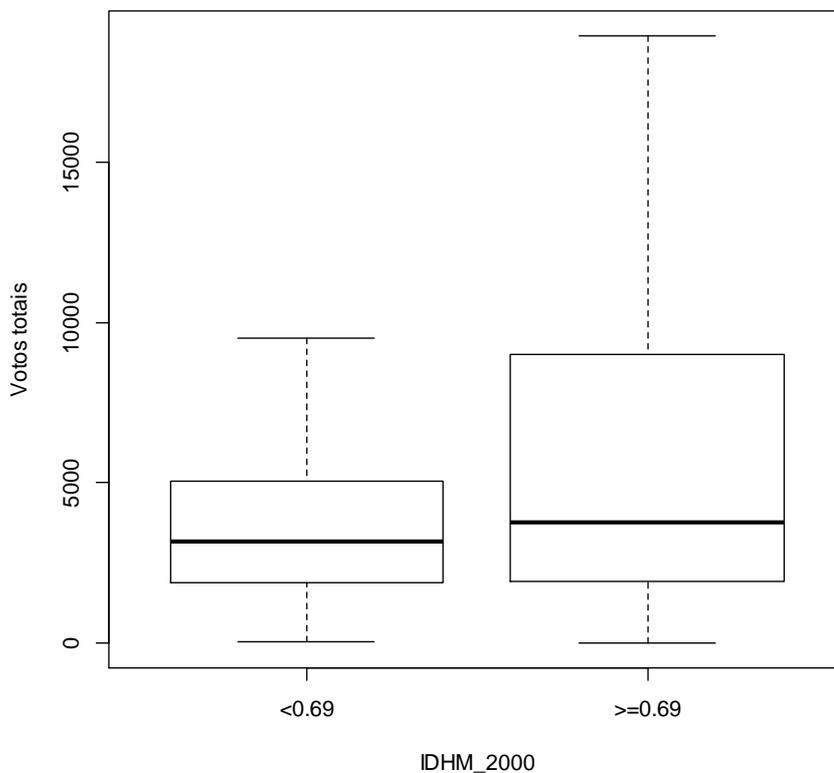


Figura 4.38 Votos totais em relação ao IDHM.

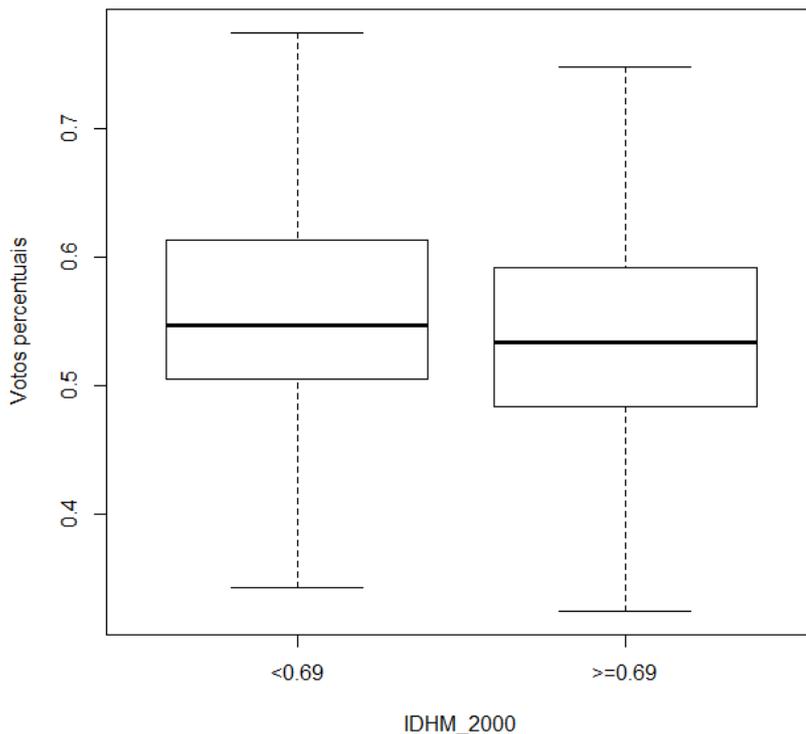


Figura 4.39 Votos percentuais em relação ao IDHM.

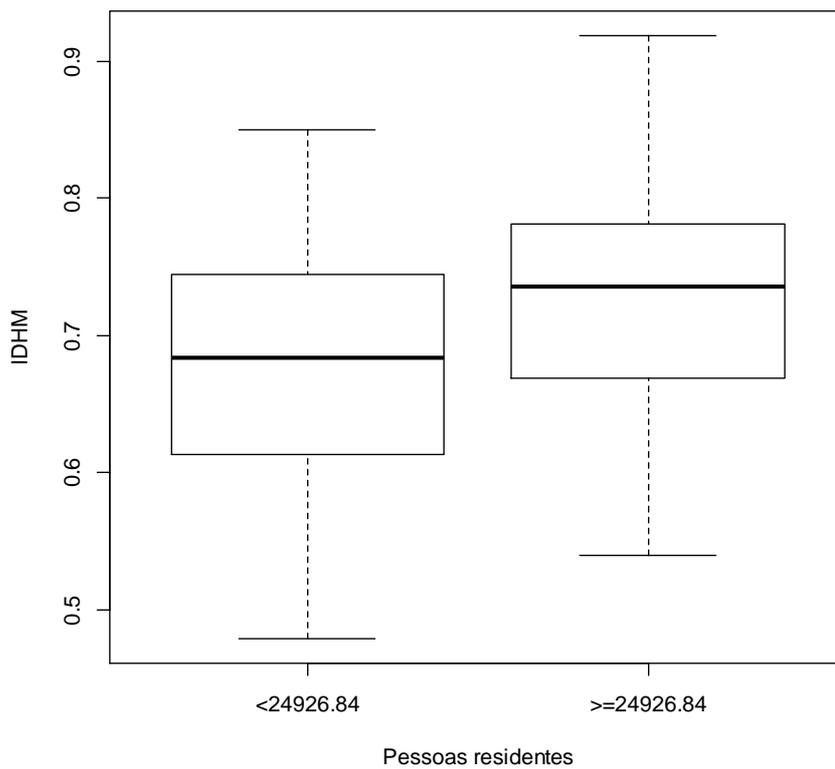


Figura 4.40 IDHM em relação a Pessoas residentes.

#### 4.5.9 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com o IDHM\_educação.

Percebe-se na rede da Figura 4.41 que a variável IDHM\_Educação é temporal e possui observações coletadas no ano 1991. Conseqüentemente, seguindo a ordem cronológica dos dados, esta variável possui como conseqüências temporais: Reeleito (2000), Pessoas residentes (2000), Pobreza (2003), Receita tributária (2002) e como conseqüências as variáveis temporais: Pobreza (2003) e PIB\_pc (2002) e Receita tributária (2002), Votos percentuais (2000) e Pib per capita (2002).

Em relação a variável causal Região, observa-se na Figura 4.42 que o IDHM na dimensão Educação, apresentou a seguinte ordem crescente: Nordeste, Norte, Centro-oeste, Sudeste e Sul.

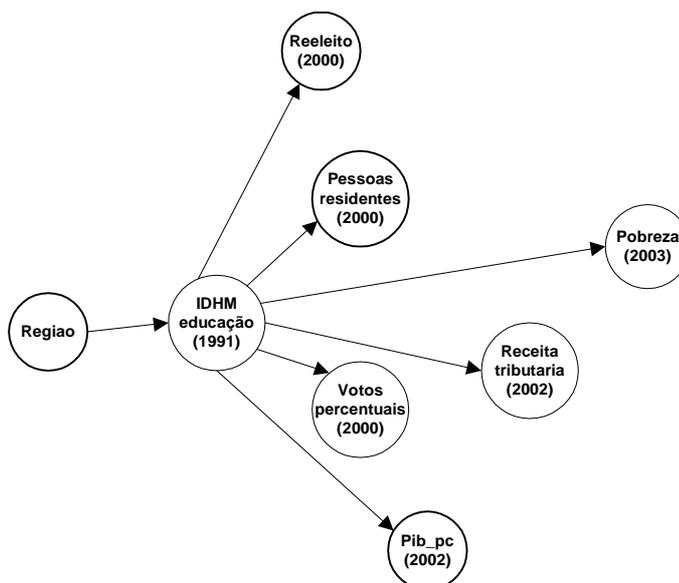


Figura 4.41 Rede Bayesiana para o IDHM\_Educação

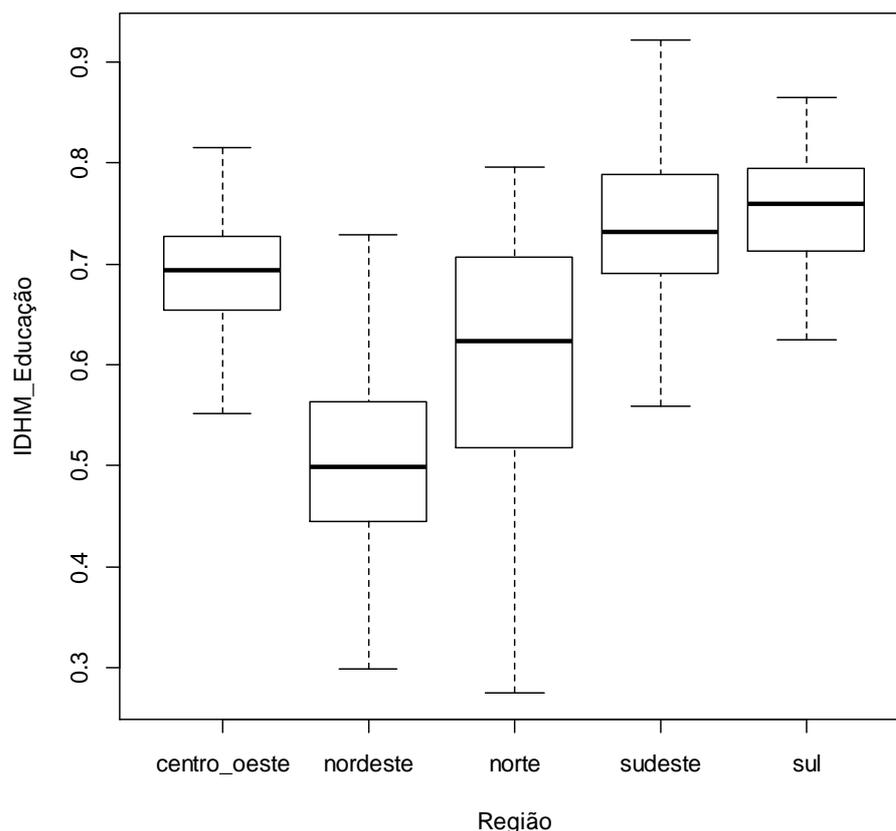


Figura 4.42 IDHM\_Educação em relação a região.

#### 4.5.10 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com o número de Pessoas residentes no município.

Percebe-se na rede da Figura 4.43 que a variável “Pessoas residentes” é temporal e possui observações coletadas no ano 2000. Conseqüentemente, seguindo a ordem cronológica dos dados, esta variável possui como conseqüências temporais: Receita tributária (2002) e número de Irregularidades (2001 – 2004).

Tem-se também nesta rede, uma variável temporal que possui observações coletadas no mesmo ano que a variável analisada, que é a variável: Votos percentuais (2000). O número de pessoas residentes do município influencia no percentual de votos do mesmo. Sabe-se que, normalmente municípios que possuem um número maior de pessoas residentes, possuem uma maior quantidade de votos totais. Mas, em se tratando de votos percentuais, na Figura 4.44 observa-se sutilmente uma relação inversa com o número de pessoas residentes, ou seja, aparentemente parece que municípios com menos pessoas residentes possuem um percentual de votos acima da média do percentual de votos dos municípios. Esta diferença pode-se ser

explicada porque, ao considerar os votos percentuais válidos, os votos brancos e nulos são desconsiderados.

Em relação à Região, sabe-se que dependendo da região, pode-se ter um número de pessoas residentes maior ou menor. A Figura 4.45 mostra o que obviamente já é conhecido, ou seja, a região Sudeste é a que tem o maior número de pessoas seguida das regiões: Norte, Nordeste, Centro-oeste e Sul.

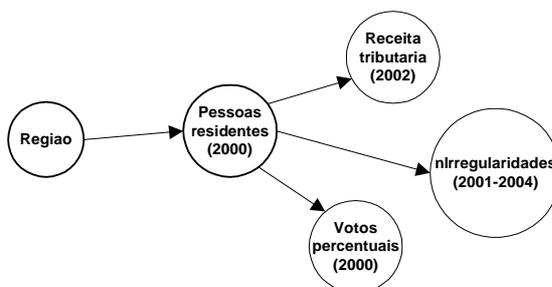


Figura 4.43 Rede Bayesiana para Pessoas residentes.

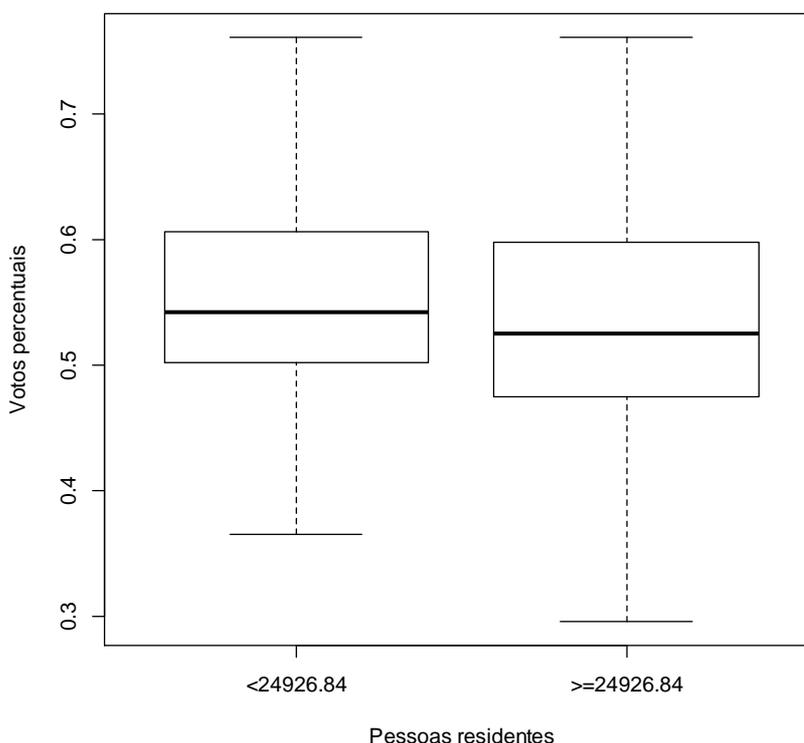


Figura 4.44 Votos percentuais em relação a Pessoas residentes.

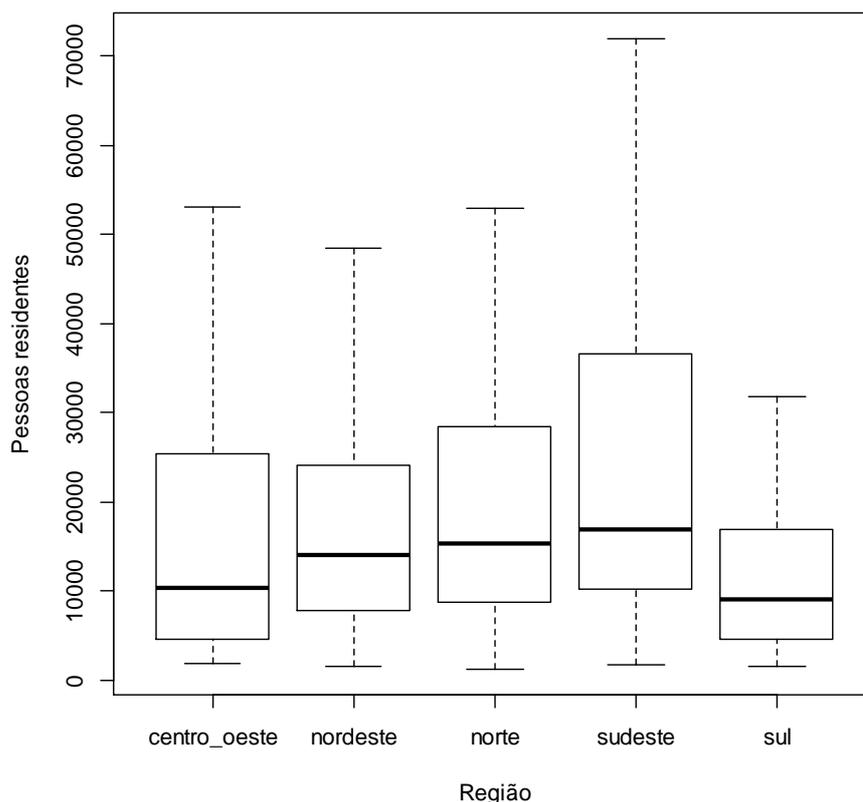


Figura 4.45 Pessoas residentes em relação à região.

#### 4.5.11 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com o PIB per capita.

Percebe-se na rede da Figura 4.46 que a variável “PIB per capita” é temporal e possui observações coletadas no ano 2002. Conseqüentemente, seguindo a ordem cronológica dos dados, esta variável possui como consequência temporal: Pobreza (2003). Esta variável apresentou uma correlação negativa com o PIB per capita e a maior quando comparada as outras variáveis causais envolvidas como mostra a Tabela A1 do Apêndice 1.

A rede apresenta também uma variável temporal que possui observações coletadas no mesmo ano que a variável analisada, que é a variável: Receita tributária (2002). O PIB per capita também sofre influências da variável Região, ou seja, o PIB per capita depende dos bens e serviços finais produzidos numa determinada região e do número de habitantes da mesma. Algumas regiões podem ter um PIB elevado por serem grandes e terem muitos habitantes, mas seu PIB per capita pode resultar baixo, já que a renda total é dividida por muitas pessoas.

A receita tributária de um país representa a parcela de recursos que o Estado retira compulsoriamente dos indivíduos e empresas, como forma principal de financiar o conjunto

das atividades do governo. A receita tributária influencia o PIB per capita porque os tributos integram o cálculo do PIB tanto pela ótica da produção como da demanda e da renda. A Figura 4.47 mostra que o PIB per capita aumenta para os municípios que possuem uma receita tributária acima da média da receita tributária dos municípios.

A Figura 4.48 mostra o PIB per capita em relação à região no ano de 2002. A região Sul apresentou o maior PIB per capita seguida das regiões: Centro-oeste, Sudeste, Norte e Nordeste.

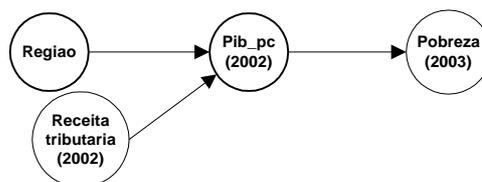


Figura 4.46 Rede Bayesiana para o PIB per capita.

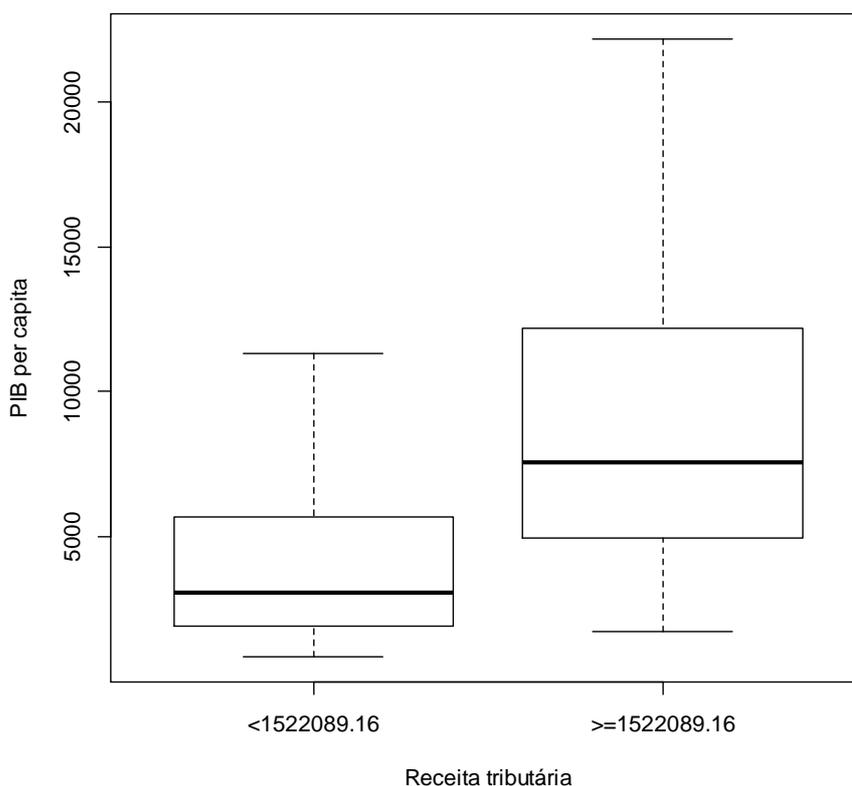


Figura 4.47 PIB per capita em relação à Receita tributária.

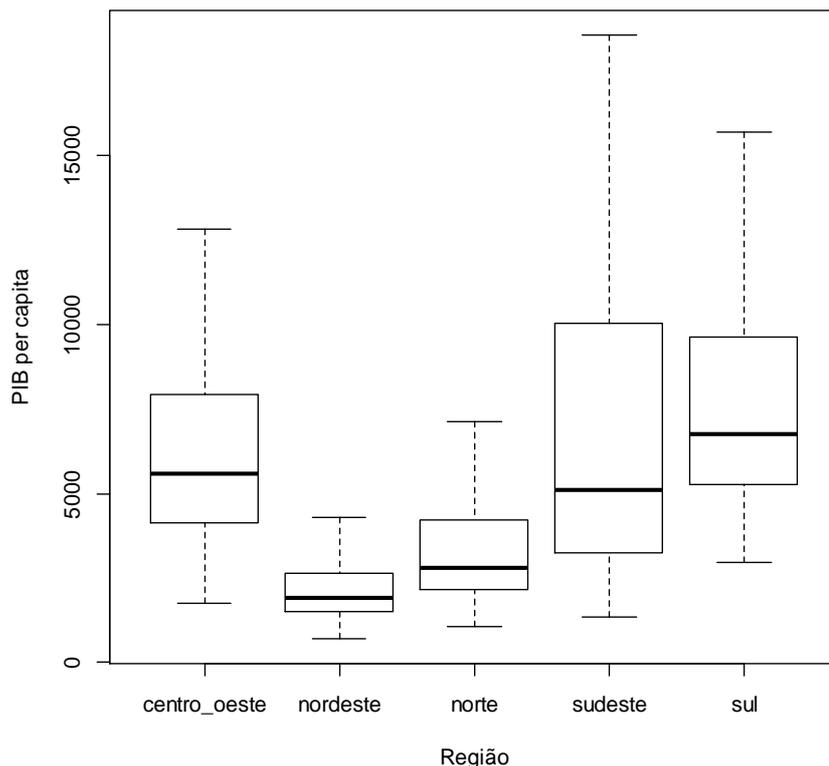


Figura 4.48 PIB per capita em relação à região.

**4.5.12 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Região.**

A Figura 4.49 mostra que a variável atemporal Região exerce influências sobre as variáveis temporais: Votos percentuais (2000), Número de irregularidades (2001 – 2004), Pobreza (2003) e Receita tributária (2002).

A Figura 4.50 mostra que a região Nordeste apresentou o maior número de votos percentuais em 2000. As Figuras 4.51 e 4.52 mostram respectivamente que o maior número de irregularidades entre 2001 e 2004 foi encontrado na região Nordeste e o maior percentual de pobreza em 2003 também foi encontrado na região Nordeste. Na Figura 4.53, percebe-se as regiões Sudeste e Centro-oeste apresentaram a maior receita tributaria em 2002.

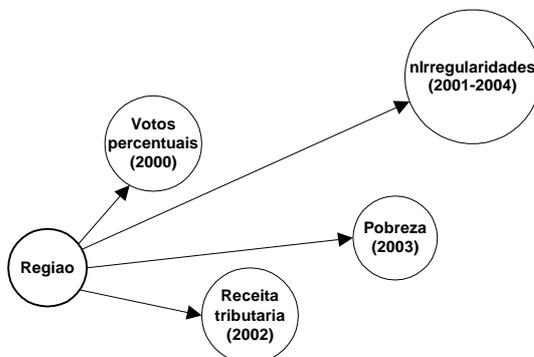


Figura 4.49 Rede Bayesiana para a Região.

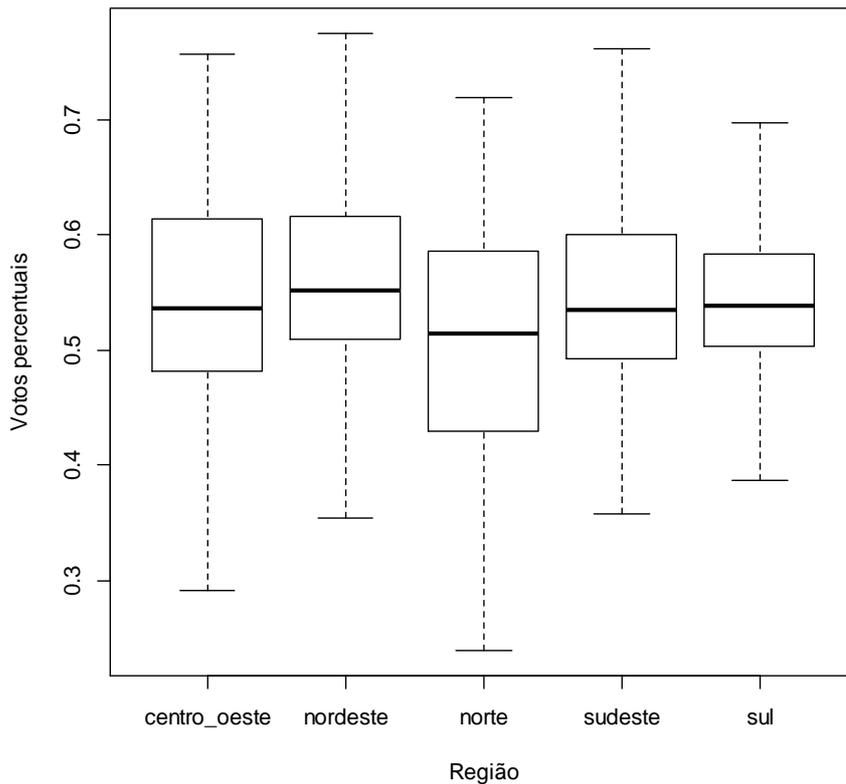


Figura 4.50 Votos percentuais em relação à Região.

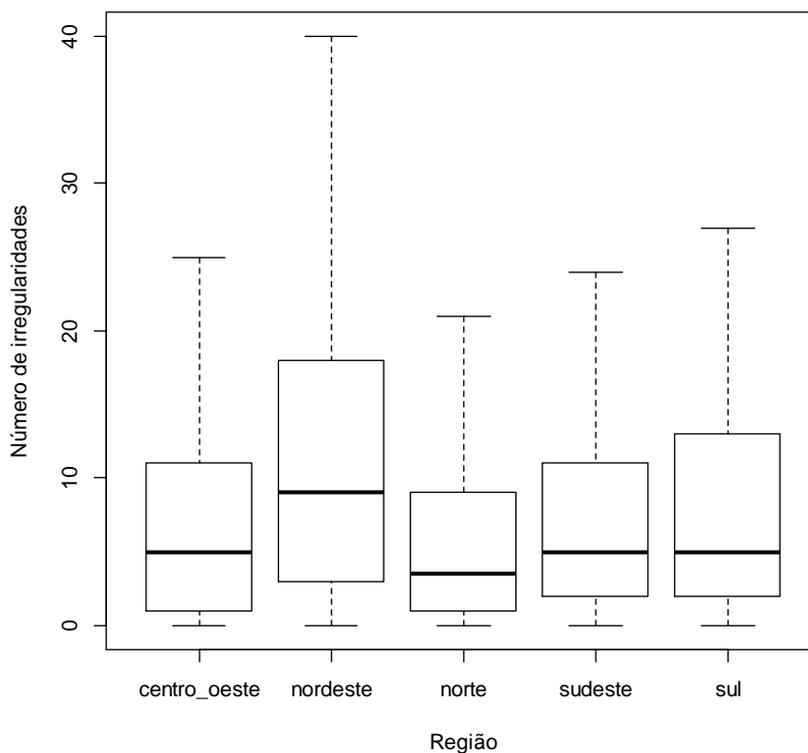


Figura 4.51 Número de irregularidades em relação à Região.

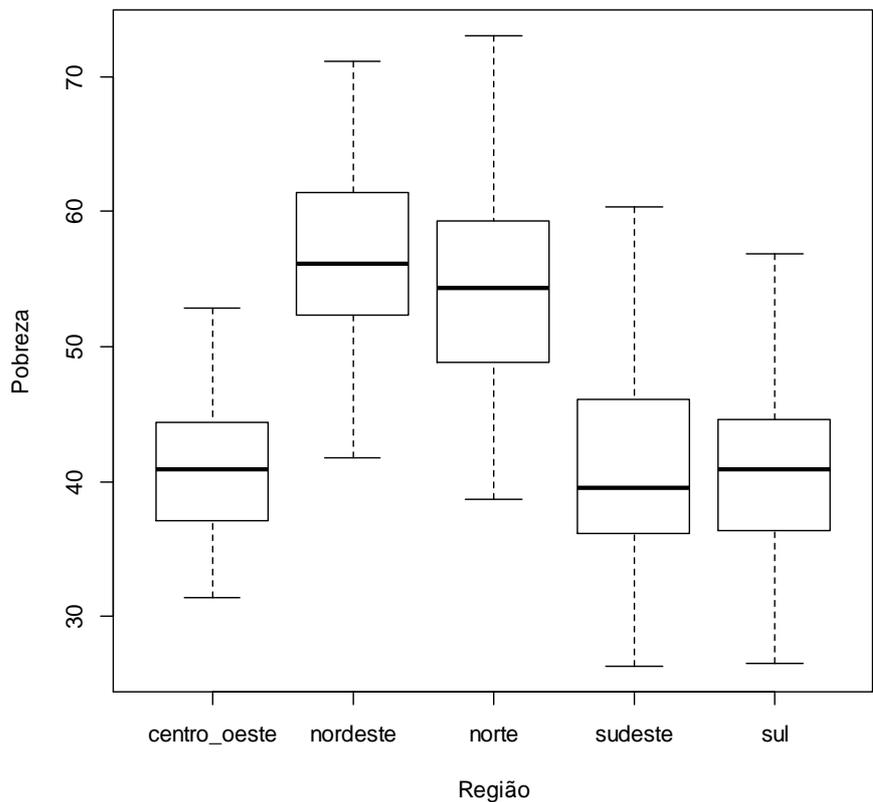


Figura 4.52 Pobreza em relação à Região.

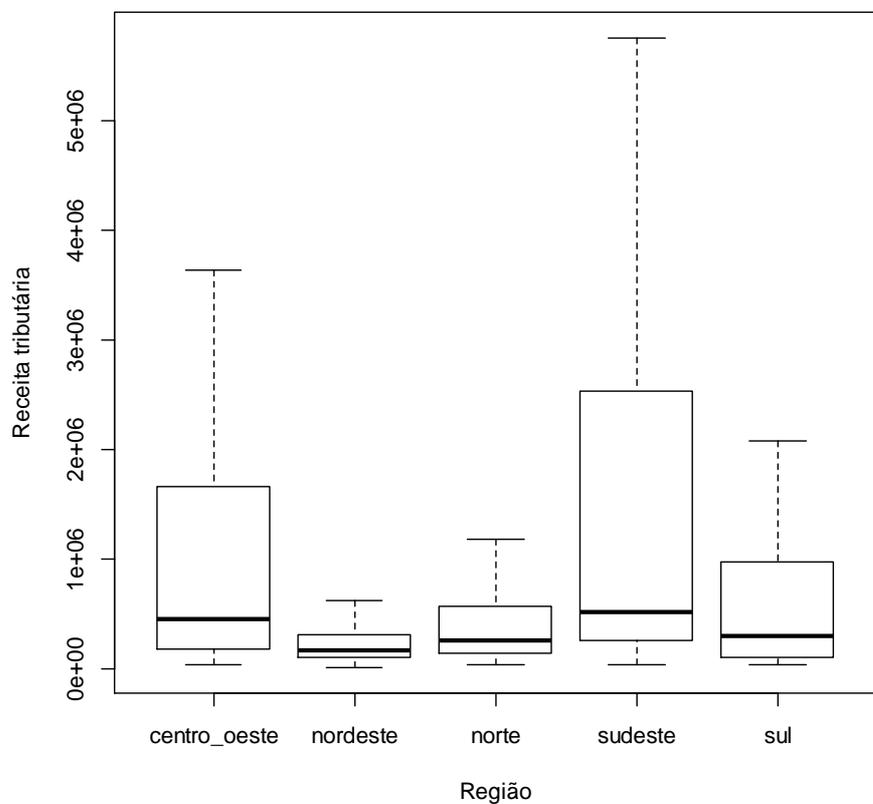


Figura 4.53 Receita tributária em relação à Região.

#### 4.5.13 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com a Receita tributária

Percebe-se na rede da Figura 4.54 que a variável Receita tributária é temporal e possui observações coletadas no ano 2002. Conseqüentemente, seguindo a ordem cronológica dos dados, esta variável possui como causa temporal: Votos percentuais (2000), e como consequência a variável temporal: Pobreza (2003). Estas variáveis apresentaram uma correlação negativa com a Receita tributária e a segunda apresentou a maior correlação como mostra a Tabela A1 do Apêndice 1.



Figura 4.54 Rede Bayesiana para Receita tributária.

#### 4.5.14 Rede Bayesiana para representar as relações de dependências com Reeleito

A Figura 4.55 mostra que a variável Reeleito recebe influências da variável Percentual de votos, ou seja, dependendo desse percentual, o prefeito pode ser reeleito ou não. Obviamente, os prefeitos reeleitos (Reeleito=1) possuem um percentual maior de votos como pode ser visto na Figura 4.56.

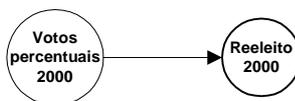
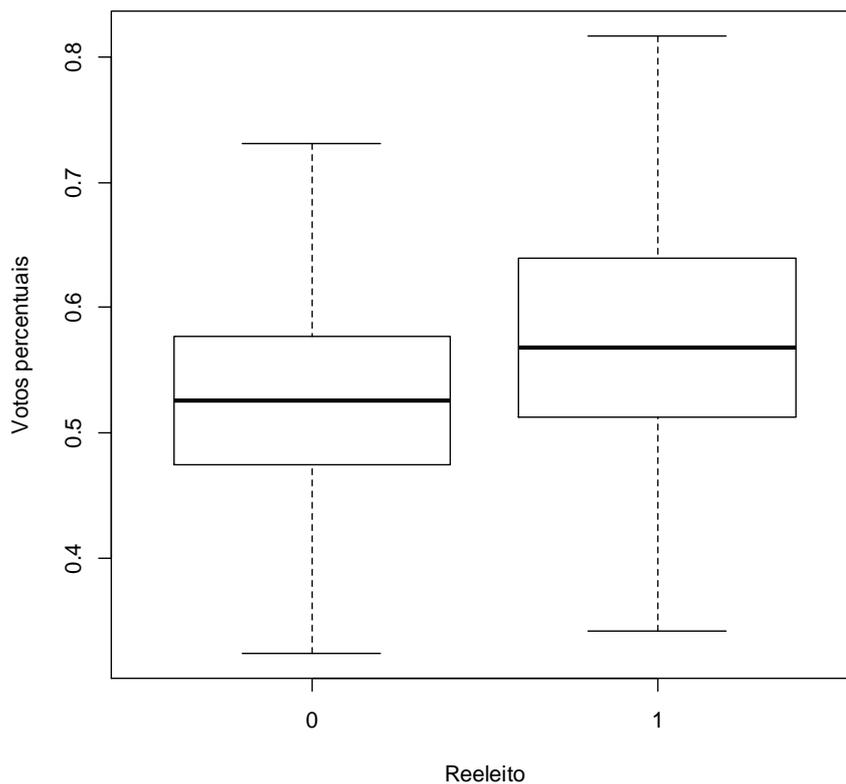


Figura 4.55 Rede Bayesiana para Reeleito.



**Figura 4.56** Votos percentuais em relação a Reeleito.

## 5. RESULTADOS OBTIDOS DO MODELO PROPOSTO

Por serem uma estrutura causal, redes Bayesianas permitem o manuseio de grandes conjuntos de variáveis relacionadas e a utilização de qualquer fonte de informação para auxiliar em tomadas de decisão, prognósticos ou diagnósticos.

O conhecimento sobre as causalidades envolvidas no processo de corrupção é uma etapa essencial tanto para implantação de políticas públicas eficientes quanto para o seu gerenciamento. Tal conhecimento permite realizar previsões ou diagnósticos mais precisos e em menos tempo.

Quando um sistema é representado por uma rede Bayesiana, ele pode ser analisado em muitos contextos. Por exemplo, com propósitos operacionais, pode-se realizar uma análise com diagnósticos e prognósticos. Já com propósitos gerenciais, pode-se embasar informações subjetivas, tais como opiniões sobre a melhoria ou o retrocesso de uma política pública qualquer.

A seguir serão realizadas algumas análises de diagnósticos e prognósticos nas relações diretas de causalidades com o número de irregularidades. Percebe-se nas Figuras 4.22, 4.43 e 4.49 que três variáveis possuem uma relação direta com o número de irregularidades: Pessoas residentes, Região e Comunicação<sup>20</sup>.

### 5.1 Análises de diagnósticos realizados nas redes Bayesianas

No diagnóstico, percebem-se os efeitos e busca-se identificar as causas. A Tabela 5.1 mostra a análise de diagnóstico realizada para as variáveis que possuem uma relação direta com o número de irregularidades. Nesta Tabela, as variáveis “Pessoas residentes”, “Comunicação” e “Número de irregularidades” podem assumir o nível 0 e o nível 1, os quais representam “abaixo da média” e “acima da média” respectivamente. Em relação à variável Região, o nível 0 significa “não NE” e o nível 1 significa “NE”. Uma vez fixado o efeito, percebe-se que a soma das probabilidades condicionais referentes ao número de irregularidades em cada coluna somam 1. Estes valores referem-se às combinações dos possíveis estados dos pais da variável em questão.

Dentre estas combinações, destacam-se aquelas que mais provavelmente teria levado o número de irregularidades de dado município a estar abaixo ou acima da média. Sobre a

---

<sup>20</sup> Estas figuras mostram as redes Bayesianas que possuem o número de irregularidades como efeito dessas variáveis.

configuração que mais provavelmente teria levado um município a apresentar um número de irregularidades abaixo da média, pode-se inferir com probabilidade de 50% que este município possui uma quantidade de pessoas residentes e de veículos de comunicação abaixo da média, assim como que tal município não pertence à região Nordeste.

Sobre as razões que teriam levado um dado município a apresentar um número de irregularidades acima da média, infere-se que com probabilidade de 34% que este município possui um número de pessoas residentes e de veículos de comunicação abaixo da média, assim como que o município pertence à região Nordeste.

Em resumo, avaliando as causas envolvidas no número de irregularidades, percebe-se que o fato de ser da região NE exerce grande influência sobre o aumento do número de irregularidades. Lopes (2011) e Miranda (2010) também encontraram em seus trabalhos que o fato do município está localizado na região Nordeste exerce uma grande influência no número de irregularidades encontradas. No entanto, é importante considerar que em 2004 para mais de 80% dos municípios do Nordeste brasileiro, as transferências federais eram responsáveis por mais da metade do total de receitas<sup>21</sup>.

**Tabela 5.1 Probabilidades obtidas a partir da análise de diagnóstico sobre o número de irregularidades.**

Pessoas residentes	Região	Comunicação	Número de Irregularidades	
			0	1
0	0	0	0.5	0.27
0	0	1	0.06	0.07
0	1	0	0.22	0.34
1	0	0	0.04	0.03
1	1	0	0.03	0.06
0	1	1	0.01	0.02
1	0	1	0.1	0.14
1	1	1	0.04	0.07

## 5.2 Probabilidades obtidas a partir de prognósticos realizados nas redes Bayesianas

No prognóstico, investiga-se o efeito a partir de determinadas causas. A Tabela 5.2 mostra a análise de prognóstico realizada para as variáveis que possuem uma relação direta com o número de irregularidades. Nesta Tabela, as variáveis Pessoas residentes, Comunicação e

<sup>21</sup> Dados da Secretaria do Tesouro Nacional em <<http://www.stn.fazenda.gov.br/>>.

Número de irregularidades também podem assumir o nível 0 e o nível 1, os quais representam “abaixo da média” e “acima da média” respectivamente (assim como na seção anterior). Em relação à variável Região, o nível 0 significa “não NE” e o nível 1 significa “NE”. Uma vez fixadas as causas, percebe-se que a soma das probabilidades condicionais referentes ao número de irregularidades em cada linha somam 1. Estes valores referem-se às combinações dos possíveis estados dos pais da variável que regem a ocorrência do efeito em questão.

A probabilidade condicional associada à melhor condição encontra-se na primeira linha da Tabela 5.2 ( $p=0.79$ ). Esta é a probabilidade do número de irregularidades estar abaixo da média dadas as seguintes características: municípios com pessoas residentes abaixo da média, região “não NE” e número de veículos de comunicação abaixo da média.

Já a probabilidade condicional associada à pior condição encontra-se na sexta linha da Tabela 5.2 ( $p=0.55$ ). Esta é a probabilidade do número de irregularidades estar acima da média dadas as seguintes características: municípios com número de pessoas residentes abaixo da média, região “NE” e número de veículos de comunicação acima da média do número de veículos de comunicação dos municípios.

Note-se a coerência entre os resultados desta e da seção anterior. O poder de causalidade destacado aqui reflete-se nas análises tanto diagnóstica quanto prognóstica.

**Tabela 5.2 Probabilidades obtidas a partir da análise de prognóstico sobre o número de irregularidades.**

Pessoas residentes	Região	Comunicação	Número de Irregularidades	
			0	1
0	0	0	0.79	0.21
0	0	1	0.62	0.38
0	1	0	0.58	0.42
1	0	0	0.78	0.22
1	1	0	0.47	0.53
0	1	1	0.45	0.55
1	0	1	0.59	0.41
1	1	1	0.52	0.48

### 5.3 Principais relações de dependências indiretas com o número de Irregularidades

É importante comentar que o modelo adotado capturou as relações de dependência entre as três variáveis que apresentaram relação de dependência direta com o número de irregularidades (Pessoas residentes, Região e Comunicação), ou seja, também existe uma

relação de dependência entre pessoas residentes e comunicação e entre pessoas residentes e região. Essa informação seria desprezada na maioria dos modelos tradicionais, como por exemplo, nos modelos clássicos de regressão, onde as variáveis explicativas são consideradas independentes.

Apesar de algumas variáveis apresentarem relações de dependência indireta com o número de Irregularidades, elas apresentaram altas correlações com as variáveis que possuem relação de dependência direta (Pessoas residentes, Região e Comunicação). Estas correlações estão expostas na Tabela A2 do Apêndice 2 e serão comentadas a seguir.

O número de veículos de comunicação está estatisticamente correlacionado com o número de pessoas residentes ( $r=0.62$ ), assumindo-se um nível de significância de 1%. Neste caso, pode-se dizer que o número de veículos de comunicação aumenta para os municípios que possuem um número de pessoas residentes maior.

A receita tributária também apresentou correlação positiva com os veículos de comunicação ( $r=0.61$ ). Portanto, municípios com receitas tributárias acima da média da receita tributária dos municípios possuem um número maior de veículos de comunicação.

A receita tributária e o número de pessoas residentes são as variáveis que mais explicam as variações na quantidade de veículos de comunicação. Destaque-se que a relação entre as variáveis “número de veículos de comunicação” e “número de irregularidades” é diretamente proporcional. Assim, as variáveis que favorecem ao crescimento do número de veículos de comunicação indiretamente favorecem ao aumento no nº de irregularidades.

O IDHM, o IDHM na dimensão Educação e o grau de Escolaridade apresentaram também correlações positivas e de valores expressivos com o número de veículos de comunicação. Nesta sequência, estas variáveis apresentaram as seguintes correlações:  $r=0.33$ ,  $r=0.32$  e  $r=0.25$ .

O PIB per capita e o índice Theil apresentaram as correlações positivas mais baixas com o número de veículos de comunicação:  $r=0.192$  e  $r=0.196$  respectivamente. Em relação ao PIB per capita, o sinal positivo reflete, de fato, a realidade de que municípios com uma melhor produção de bens e serviços possuem um maior número de veículos de comunicação. Percebe-se também que o número de veículos de comunicação aumenta com o crescimento da desigualdade. Portanto, municípios que possuem uma boa renda per capita e, portanto, possuem um maior número de veículos de comunicação, possuem um alto índice de concentração de renda e grande desigualdade social. O resultado da pesquisa realizada pelo IBGE em parceria com o Ministério da Cultura em 2006 no quesito Cultura e Meios de

comunicação, revela que 48% dos municípios têm acesso à internet. No entanto, apenas 14% de lares possuem conexão. Esta pesquisa revelou também que a internet no Brasil continua restrita a uma faixa abastada da população ou a espaços públicos mantidos por prefeituras ou microempresas, como os telecentros e as lan-houses<sup>22</sup>.

Votos percentuais e Pobreza apresentaram correlações negativas com os veículos de comunicação e também foram as menores correlações encontradas. A relação entre votos percentuais e veículos de comunicação já foi abordada no tópico 4.5.3. Em relação à pobreza, municípios que possuem um número de veículos de comunicação acima da média do número de veículos de comunicação dos municípios apresentaram menor índice de pobreza.

É importante ressaltar que o sinal negativo de correlação entre pobreza e meios de comunicação e o sinal positivo entre desigualdade e meios de comunicação significam que não basta apenas reduzir a pobreza para reduzir a desigualdade.

Portanto, estas observações revelam que municípios mais desenvolvidos, com um número maior de veículos de comunicação, melhores PIB per capita e melhores IDHM podem apresentar uma maior desigualdade, um menor índice de pobreza e um menor percentual de votos válidos.

---

<sup>22</sup> <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/perfilmunic/cultura2006/>>

## 6. CONCLUSÕES

Este trabalho analisou os fatores que levam um gestor público a cometer um ato ilícito utilizando como determinantes da corrupção os fatores socioeconômicos dos municípios brasileiros e algumas características dos prefeitos. Usando dados obtidos dos relatórios de fiscalização da CGU e os fatores determinantes da corrupção, este trabalho propôs um modelo causal para avaliar a corrupção em processos de licitação pública municipal.

A literatura já apresenta alguns trabalhos que utilizaram determinantes da corrupção para avaliar atos ilícitos de gestores públicos em nível municipal. No entanto, o trabalho proposto aqui pode ser considerado pioneiro por avaliar a corrupção especificamente nos processos de licitação pública, por apresentar uma taxonomia dentro desse contexto e por usar um modelo causal baseado em redes Bayesianas.

A maioria dos autores usam os dados de irregularidades identificadas pela CGU como *proxy* para corrupção. Porém, destaca-se aqui que as irregularidades encontradas pela CGU não são necessariamente “Atos de corrupção”. Esta afirmação apenas pode ser feita depois dos processos terem sido julgados e os responsáveis condenados por seus atos ilícitos.

Já outros autores fizeram uma classificação das irregularidades. A distinção feita por estes autores entre atos corruptos e má gestão classifica a maioria das irregularidades cometidas em processos de licitação pública como atos de corrupção. Como o trabalho proposto aqui envolve apenas as irregularidades encontradas em processos de licitação pública, parece razoável considerar as irregularidades como *proxy* da corrupção.

Baseada na lei 8.666, o trabalho proposto apresenta uma taxonomia com o objetivo de contribuir para uma formação mais completa de um banco de dados e que pode ser útil também em outros tipos de análise como, por exemplo, ilícitos cometidos por empresas particulares em processos de licitação, tais como formação de cartéis.

Em uma análise preliminar dos dados, foi mostrado que os ilícitos mais cometidos nas gestões públicas municipais correspondem a irregularidades burocráticas e preços próximos. Pôde-se observar também que o Ministério da Educação possui a maior participação em irregularidades, destacando-se fortemente em relação aos outros. O segundo de maior participação foi o Ministério da Saúde seguido do Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome.

O modelo proposto aqui difere de modelos tradicionais como, por exemplo, os de regressão. Este trabalho além de utilizar um número de variáveis maior do que o número

normalmente encontrado em trabalhos tradicionais, procura identificar não apenas as variáveis que possuem relação direta com o número de irregularidades, mas também identificar as relações indiretas. Neste caso, para saber como as variáveis se relacionam entre si, foram aplicados testes da Estatística Não Paramétrica, pois a aplicação dessas técnicas não exige suposições quanto à distribuição da variável na população.

O resultado da aplicação dos testes mostrou as relações de dependência existentes entre as variáveis e parece descrever bem como estas variáveis se relacionam, pois corrobora com a literatura. As variáveis que apresentaram relações diretas com o número de irregularidades foram: pessoas residentes, região e os meios de comunicação. Tanto pessoas residentes e quanto os veículos comunicação apresentaram correlação positiva com o número de irregularidades. O maior número de irregularidades foi encontrado na região Nordeste.

Em relação às causalidades existentes, a direção do arco na rede Bayesiana atendeu a ordem cronológica das variáveis temporais quando possível ou encontrou explicações na literatura nos outros casos.

O modelo proposto via redes Bayesianas permitiu fácil interpretação dos dados e foi capaz de expressar as possíveis causas que influenciam na decisão do agente público municipal cometer um ato ilícito em processos de licitação pública. O conhecimento sobre as causalidades envolvidas no processo de corrupção é uma etapa essencial tanto para implantação de políticas públicas eficientes quanto para o seu gerenciamento. Tal conhecimento permite realizar previsões ou fazer diagnósticos. Uma das grandes vantagens de redes Bayesianas em relação a outras técnicas de modelagem trata-se da possibilidade de introduzir evidências subjetivas (opiniões de especialistas) diante da escassez de dados empíricos.

Como resultado da análise de diagnóstico realizada, pode-se inferir com probabilidade de 50% que o município que possui uma quantidade de pessoas residentes abaixo da média, o número veículos de comunicação abaixo da média e o fato do município não pertencer à região Nordeste são as causas que teria levado um município a apresentar um número de irregularidades abaixo da média.

Sobre as razões que teriam levado um dado município a apresentar um número de irregularidades acima da média, infere-se que com probabilidade de 34% este município possui um número de pessoas residentes e de veículos de comunicação abaixo da média, assim como que o município pertence à região Nordeste.

Em resumo, avaliando as causas envolvidas no número de irregularidades, percebe-se que o fato de ser da região Nordeste (NE) exerce grande influência sobre o aumento do número de irregularidades.

Como resultado da análise de previsão, a probabilidade condicional do número de irregularidades estar abaixo da média dadas as seguintes características: municípios com pessoas residentes abaixo da média, região “não NE” e número de veículos de comunicação abaixo da média é de 79%.

Já a probabilidade condicional do número de irregularidades estar acima da média dadas as seguintes características: municípios com número de pessoas residentes abaixo da média, região “NE” e número de veículos de comunicação acima da média do número de veículos de comunicação dos municípios é de 55%.

Destaca-se aqui que a região NE e o aumento do número de veículos de comunicação exercem grande influência sobre o aumento do número de irregularidades. Esta análise mostra que os fatores pertencentes às características municipais influenciam mais a corrupção quando comparados às características dos prefeitos, pois aqueles apresentam uma relação direta com o número de irregularidades.

O modelo adotado capturou as relações de dependência entre as variáveis que apresentaram relação de dependência direta com o número de irregularidades, ou seja, também existe uma relação de dependência entre pessoas residentes e comunicação e entre pessoas residentes e região. Enquanto que os modelos tradicionais utilizando regressões supõem que as variáveis explicativas são independentes, o que nem sempre acontece como foi demonstrado aqui.

Destacam-se aqui algumas variáveis que apresentaram altas correlações com as variáveis que possuem relação de dependência direta com o número de irregularidades.

A receita tributária e o número de pessoas residentes são as variáveis que mais explicam as variações na quantidade de veículos de comunicação.

O IDHM, o IDHM na dimensão Educação e o grau de Escolaridade apresentaram correlações positivas de valores expressivos com número de veículos de comunicação.

O PIB per capita e o índice Theil também apresentaram correlações positivas com número de veículos de comunicação, porém de valor menos expressivo.

Votos percentuais e Pobreza apresentaram correlações negativas com os veículos de comunicação e também foram as menores correlações encontradas.

Em resumo, diante das relações diretas e algumas indiretas comentadas acima, observa-se que o perfil dos municípios que favorece o aumento no número de irregularidades em processos de licitação pública é o seguinte: municípios mais desenvolvidos, com maior número de pessoas residentes, com maior receita tributária, com melhores PIB per capita, com maior desigualdade, com um menor índice de pobreza, com um menor percentual de votos válidos, com prefeitos que possuam melhores níveis de escolaridade e municípios que pertençam à região NE. Na verdade, este é apenas um caminho percorrido na rede que provavelmente contribui para o aumento do número de irregularidades. Mas, deve haver um caminho que inclua um conjunto de variáveis que seja o caminho ótimo para a corrupção. Este tipo de análise não faz parte do escopo desse trabalho, mas o modelo causal utilizado permite este tipo de avaliação. Portanto, estudar o caminho ótimo para a corrupção através de programas de otimização é uma das recomendações para trabalhos futuros. As outras recomendações são as seguintes:

- Buscar banco de dados que tragam o resultado do julgamento dos processos que foram gerados pelas irregularidades apontadas pela CGU;
- Atualizar o atual banco de dados da CGU com as irregularidades encontradas nos sorteios posteriores a formação do mesmo;
- Com o banco de dados da CGU atualizado, verificar a influência da fiscalização no número de irregularidades;
- Com o conhecimento dos resultados dos processos gerados pelas irregularidades, verificar a influência da penalização no número de irregularidades;
- Construir uma rede Bayesiana dinâmica, pois através dela é possível modelar a relação entre o valor atual de uma variável e seu valor passado ou futuro. Isso é obtido pela adição de outra variável que possua um nome diferente em períodos de tempo distintos. Portanto, quando se usa este artifício, redes Bayesianas permitem uma modelagem dinâmica, representando de forma mais realista a relação dos fatores socioeconômicos e as irregularidades no domínio do tempo.
- Estudar alternativas que permitam a incorporação de opiniões ao modelo Bayesiano delineado;
- Aperfeiçoar a taxonomia desenvolvida a sua utilização;
- Estudar alternativas de elaboração de modelos Bayesianos a partir de bancos de dados.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Abbink, K. (2004). "Staff rotation as an anti-corruption policy: an experimental study." European Journal of Political Economy **20**(4): 887-906.
- Abramo, C. W. (2005). "Percepções pantanosas: a dificuldade de medir a corrupção." Novos Estudos(73): 33-37.
- Abramo, C. W. & E. R. Capobianco (2004). "Licitaciones y Contratos Públicos." Nueva Sociedad **194**: 69-90.
- Acemoglu, D. & T. A. Verdier (2000). "The choice between market failures and corruption." The American Economic Review **90**(1): 194-211.
- Ades, A. & R. D. Tella (1997). "The new economics of corruption: a Survey and some new Results." Political Studies **45**(3): 496-515.
- Aidt, T. S. (2003). "Economic analysis of corruption: a survey." The Economic Journal **113**: 632-652.
- Albuquerque, B. E. (2007). Ética pública na gestão municipal: uma análise dos incentivos à corrupção nas prefeituras brasileiras. Programa de Pós-graduação em Economia. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. **Mestrado**: 83.
- Albuquerque, B. E. & F. S. Ramos (2006). Análise teórica e empírica dos determinantes de corrupção na gestão pública municipal. XXXIV Encontro Nacional de Economia (ANPEC). Salvador.
- Amaral, M. A. (2012). Fraudes em licitações e contratos administrativos. Programa Nacional de Capacitação e Treinamento no Combate à Corrupção e à Lavagem de dinheiro (PNLD). Recife. Disponível em: <<https://docs.google.com/file/d/0B6ZxuutvngCgeFViUnc5RVNmX1/edit>> Acesso em 20/06/2012.
- Banfield, E. C. (1975). "Corruption as a feature of governmental organization." Journal of Law & Economics **18**(3): 587-605.
- Barreto, M. L. T (2008). "Licitações - Noções Elementares" Universidade Federal do Pampa, CONJUR - Consultoria Jurídica.
- Barr, A. & D. Serra (2010). "Corruption and culture: An experimental analysis. Journal of Public Economics." Journal of Public Economics **94**(11-12): 862-869.
- Batista, M. (2013). "Incentivos da Dinâmica Política sobre a Corrupção." Revista Brasileira de Ciências Sociais **28**(82): 87-106.
- Becker, G. (1968). "Crime and Punishment: An Economic Approach." The journal of Political Economy **76**(2): 169-217.
- Becker, G. & G. Stigler (1974). "Law enforcement, malfeasance, and compensation of enforcers." The journal of Legal Studies **3**(1): 1-18.
- Becker, P. J. (1968). "Crime and punishment: an economic approach." The journal of Political Economy **76**(2): 169-217.
- Brollo, F., T. Nannicini, R. Perotti & G. Tabellini (2010). The Policial Resource Curse. NBER Working Paper Series 15705. National Bureau of Economic Research. Massachusetts.

- Campos, F. A. O. (2012). Três Ensaio sobre a Economia da Corrupção. Curso de Pós-Graduação em Economia. Fortaleza, Universidade Federal do Ceará. **Doutorado**: 183.
- Campos, M. L. A. & H. E. Gomes (2007). Taxonomia e Classificação: a categorização como princípio. VIII ENANCIB – Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação. Salvador- Bahia.
- Chagas, R. P. (2008). Aplicação de redes bayesianas na previsão de fluxos de caixa. São Paulo, Escola de Economia da Fundação Getúlio Vargas (FGV/EESP). **Mestrado**: 128.
- Correia, W. F. M. (2006). Derivadas para o desenvolvimento de produtos através de redes bayesianas: Uma aplicação. Congresso Latino-Ibero Americano de Investigación Operativa. Montevideo, Anais do congresso Latino-Ibero Americano de Investigación Operativa
- Della-Porta, D. & A. Vannucci (1999). Corrupt Exchanges: Actors, Resources, and Mechanisms of Political Corruption. New York, Aldine.
- Demirer, R., R. R. Mau & C. Catherine (2005). Bayesian Networks: A Decision Tool to Improve Portfolio Risk Analysis. Edwardsville, Southern Illinois University-Edwardsville.
- Djankov, S., R. L. Porta, F. Lopez-De-Silanes & A. Shleifer (2002). The regulation of entry. Quarterly Journal of Economics. **CXVII**.
- Engel, C. (2006). "Corporate Design for Regulability: A Principal-Agent-Supervisor Model." Journal of Institutional and Theoretical Economics **162**: 104-124.
- Ferraz, C. & F. Finan (2008). "Exposing Corrupt Politicians: The effect of Brazil's Publicly Released Audits on Electoral Outcomes." The Quarterly Journal of Economics(123): 703-745.
- Ferraz, C., F. Finan & D. Moreira (2008). Corrupção, Má Gestão, e Desempenho Educacional: Evidências a Partir da Fiscalização dos Municípios. XXXVI Encontro Nacional de Economia (ANPEC)
- Ferraz, C., F. Finan & D. B. Moreira (2008). Corrupção, Má Gestão, e Desempenho Educacional: Evidências a Partir da Fiscalização dos Municípios. ANPEC.
- Ferraz, C., F. Finan & D. B. Moreira (2009). Corrupting Learning: Evidence from Missing Federal Education Funds in Brazil. Rio de Janeiro, PUC (Pontifícia Universidade Católica ).
- Ferreira, F. H. G. (2000). Os determinantes da desigualdade de renda no Brasil: luta de classes ou heterogeneidade educacional? In: Henriques, Ricardo (org.) Desigualdade e pobreza no Brasil. Rio de Janeiro, Ipea: 131-158.
- Filgueiras, F. (2006). A corrupção na política - Perspectivas Teóricas e Metodológicas. Juiz de Fora.
- Firmino, P. R. A. (2004). Redes Bayesinas para a parametrização da confiabilidade em sistemas complexos. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Recife, Unifersidade Federal de Pernambuco. **Mestrado**.
- Fonseca, J. S. & G. A. Martins (2011). Curso de Estatística. São Paulo, Atlas.

- Frank, B. & G. Schulze (2000). "Does economics make citizens corrupt?" Journal of Economic Behavior & Organization **43**: 101-103.
- Grupta, S., H. Davoodi & R. Alonso-Terme (2002). "Does Corruption Affect Income Inequality and Poverty?" Economics of Governance **3**: 23-45.
- Hoffmann, R. (2000). Mensuração da desigualdade e da pobreza no Brasil. IPEA. Rio de Janeiro: 81-107.
- IBGE, C. d. P. e. I. S. (2002). Perfil dos municípios Brasileiro: gestão pública 2001. Rio de Janeiro, IBGE.
- Jacquemet, N. (2005). Corruption as Betrayal : Experimental Evidence on Corruption Under Delegation., Centre National de la Recherche Scientifique Working Paper.
- Jain, A. K. (2001). "Corruption: a Review." Journal of Economics Surveys **15**(1): 71-121.
- Janz, D., S. Schneider, M. Kempt & E. Westkamper (2006). Bayesian Nets for Life Cycle Cost Forecasting. 13th CIRP International Conference on Life Cycle Engineering. Paris. **2**: 687-692.
- Korb, k. B. & A. E. Nicholson (2003). Bayesian artificial intelligence. Florida., Chapman & Hall/CRC.
- Lanyi, A. & O. Azfar (2005). Tools for Assessing Corruption and Integrity in Institutions: A Handbook. . U. S. A. f. I. Development., United States Government of America.
- Leite, A. A. B. & M. A. Mello (2010). Descentralização, Responsabilização e (des)Controle: determinantes e impactos da corrupção e má gestão dos recursos federais nos municípios brasileiros. Ciência Política. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. **Doutorado**: 247.
- Lopes, M. F. M. (2011). Corrupção: estudo sobre formas de mensuração, seus determinantes e perspectivas sobre as formas de combate. Program de Pós-Graduação em Administração Pública e Governo. São Paulo, Fundação Getúlio Vargas. **Doutorado**: 107.
- Martinez-Vazquez, J., J. A. d. Granado & J. Boex (2007). Contributions to Economic Analysis: Fighting corruption in the public sector. Amsterdam, Elsevier.
- Martz, H. F. & R. A. Waller (1982). Bayesian Reliability Analysis. Florida, Krieger Publishing Company.
- Mauro, P. (1995). "Corruption and Growth." Quarterly Journal of Economics **110**: 681-712.
- Mauro, P. (1997). "The Effects of Corruption on Growth, Investment and Government Expenditure: a cross-country analysis." Corruption and the Global Economy. In Elliot: 83-107.
- Mauro, P. (1998). "Corruption: Causes, Consequences, and Agenda for Further Research." Finance & Development **35**: 11-14.
- Melo, C. A. V. (2010). Corrupção e Políticas Públicas: Uma Análise Empírica dos municípios Brasileiros. Recife, Universidade Federal de Pernambuco. **Doutorado**.

- Mendes, M. (2004). "Análise das Irregularidades na Administração Municipal do FUNDEF: Constatações do Programa de Fiscalização a partir de Sorteios Públicos da Controladoria Deral da União." Transparência Brasil.
- Miranda, J. C. (2010). A corrupção nos municípios brasileiros: uma análise a partir dos relatórios de fiscalização da CGU. Programa de Pós-Graduação em Economia. Brasília, Universidade de Brasília. **Mestrado**.
- Neapolitan, R. E. (2004). Learning Bayesian Networks. New Jersey, Pearson Prentice Hall.
- Olken, B. (2006). "Corruption and the costs of redistribution: Micro evidence from Indonesia." Journal of Public Economics. **90**(4-5): 853-870.
- Olken, B. (2009). "Corruption perceptions vs. corruption reality." Journal of Public Economics. **93**(7-8): 950-964.
- Orth, C. F. (2012). Indicadores socioeconômicos como determinantes do nível de corrupção nos municípios brasileiros: uma análise a partir de regressão espacial. Economia. São Leopoldo - RS, Universidade do Vale do Rio dos Sinos. **Mestrado**: 76.
- Pereira, A. E. G., L. Nakabashi & A. Sachsida (2011). "Qualidade das instituições nos municípios brasileiros." Economia e Tecnologia **24**.
- Putnam, R. D. (2000). Bowling Alone: The Collapse and Revival of American Community. New York, Simon & Schuster.
- Rose-Ackerman, S. (1975). "The economics of corruption." Journal of Public Economics **4**: 187-203.
- Rose-Ackerman, S. (1999). Corruption and government. Causes, Consequences and Reform. Cambridge, Cambridge University Press.
- Shleifer, A. & R. W. Vishny (1993). "Corruption." The Quarterly Journal of Economics **CVIII**: 599-617.
- Souza, F. C. & F. S. Ramos (2008). O Problema da Falência: uma abordagem experimental usando redes Bayesianas. XL Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. João Pessoa, PB.
- Stinchcombe, A. (1968). Constructing Social Theories. New York, Hartcourt.
- Sun, L. & P. P. Shenoy (2007). "Using Bayesian Networks for Bankruptcy Prediction: Some Methodological Issues." European Journal of Operational Research **180**(2): 738-753.
- Svensson, J. (2005). "Eight Questions about Corruption." Journal of Economic Perspectives **19**(3): 19-42.
- Tanzi, V. (1998). "Corruption around the world." IMF Staff Papers **45**(4): 559-594.
- Tanzi, V. & H. Davoodi (1997). "Corruption, Public Investment and Growth." IMF Working paper WP/97/139.
- Treisman, D. (2000). "The causes of corruption: a cross-national study." Journal of Public Economics **76**: 399-457.

- Trevisan, A. M., A. Chizzotti, J. A. Ianhez, J. Chizzotti & J. O. Verillo (2003). O combate a corrupção nas prefeituras de São Paulo. São Paulo, Editora Ateliê.
- Veldhuizen, R. V. (2012). The influence of Wages on Public Officials' Corruptibility: A Laboratory Investigation. Amsterdam, Faculty of Economics and Business, University of Amsterdam, and Tinbergen Institute.
- You, J.-s. & S. Khagram (2005). "A Comparative Study of Inequality and Corruption." American Sociological Review **70 (1)**: 136-157.
- You, J. S. (2005). "Corruption and Inequality as Correlates of Social Trust: Fairness Matters More Than Similarity."

## APÊNDICES

### APÊNDICE 1

Conhecer a classificação da variável estudada é uma das premissas básicas para escolher o melhor teste estatístico a ser utilizado na análise dos dados. A Tabela A1 apresenta a classificação dessas variáveis.

**Tabela A1 Classificação das variáveis quanto à sua natureza**

Variável	Nome da variável	Classificação
X	Número de irregularidades (2001-2004)	Quantitativa discreta
Y <sub>1</sub>	Distância à capital	Quantitativa contínua
Y <sub>2</sub>	Área (Km <sup>2</sup> )	Quantitativa contínua
Y <sub>3</sub>	Pessoas residentes (2000)	Quantitativa discreta
Y <sub>4</sub>	Alfabetização (2000)	Quantitativa contínua
Y <sub>5</sub>	Índice de Theil (2000)	Quantitativa contínua
Y <sub>6</sub>	PIB per capita (2002)	Quantitativa contínua
Y <sub>7</sub>	Receita tributária (2002)	Quantitativa contínua
Y <sub>8</sub>	Região	Qualitativa nominal
Y <sub>9</sub>	IDHM_Educação (1991)	Quantitativa contínua
Y <sub>10</sub>	IDHM (2000)	Quantitativa contínua
Y <sub>11</sub>	Pobreza (2003)	Quantitativa contínua
Y <sub>12</sub>	Comunicação (2001)	Quantitativa discreta
Z <sub>1</sub>	Escolaridade (2001)	Qualitativa ordinal
Z <sub>2</sub>	Idade	Quantitativa contínua
Z <sub>3</sub>	Reeleito (2000)	Qualitativa nominal
Z <sub>4</sub>	Votos percentuais (2000)	Quantitativa contínua

#### Teste Qui-quadrado de Pearson

O teste Quadrado de Pearson pode ser utilizado para avaliar a dependência ou independência entre variáveis qualitativas. As variáveis devem estar tabuladas em tabelas de contingência. Para o caso de duas variáveis, tem-se uma tabela de dupla entrada.

Utiliza-se uma medida global para verificar se existe associação entre as variáveis. Esta medida será dada através do afastamento global entre valores observados e valores esperados. Esta medida é chamada de Pearson (Qui-quadrado de Pearson) e sua estatística de teste é dada pela expressão:

$$\chi_v^2 = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^l (o_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$$

Onde:

$r$  : número de linhas da tabela;

$l$  : número de colunas da tabela;

$o_{ij}$  : frequência observada na interseção da linha  $i$  com a coluna  $j$ ;

$E_{ij}$  : número de casos esperados na interseção da linha  $i$  com a coluna  $j$ .

O procedimento para efetuar o teste é o seguinte (Fonseca e Martins, 2011):

1. Definição das hipóteses:

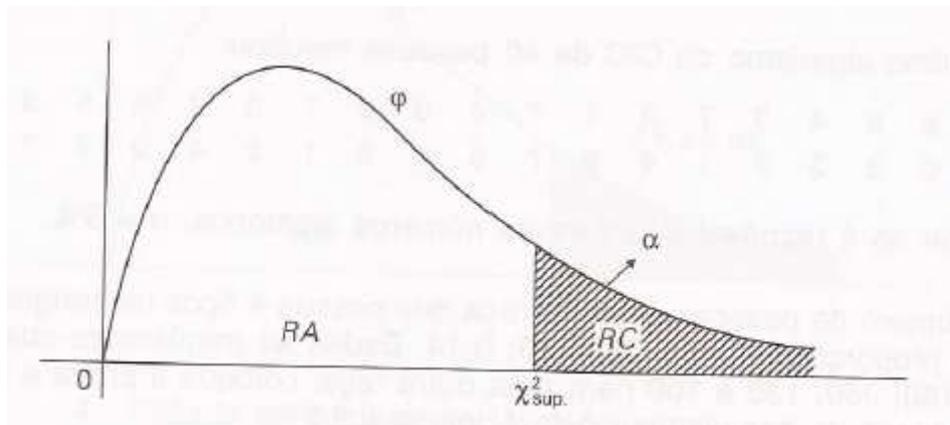
$H_0$ : as variáveis são independentes ou as variáveis não estão associadas.

$H_1$ : as variáveis são dependentes ou as variáveis estão associadas.

2. Fixar o nível de significância ( $\alpha$ );

3. Definir a variável qui-quadrado com  $\varphi = (r - 1)(l - 1)$  graus de liberdade;

4. Através da tabela  $\chi^2$ , determinar as regiões crítica (RC) e a de aceitação (RA);



**Figura A1 Distribuição Qui-quadrado**

5. Calcular as frequências e o valor da variável;

6. Comparar o  $\chi_{calculado}^2$  com o  $\chi_{tabelado}^2$

Se  $\chi_{calculado}^2 < \chi_{tabelado}^2$  não se pode rejeitar  $H_0$ , isto é, não se pode dizer que as variáveis sejam dependentes.

Se  $\chi^2_{calculado} > \chi^2_{tabelado}$  rejeita-se  $H_0$ , concluindo com o risco  $\alpha$ , que as variáveis são dependentes ou estão associadas.

É importante destacar que o teste de hipótese pode ainda ser dado a partir da comparação entre o p-valor da estatística calculada e  $\alpha$ .

### Teste de Spearman

O teste de Spearman é uma medida de associação que exige que as duas variáveis tenham mensuração a nível pelo menos ordinal, para que se possa ordenar, isto é, determinar seus postos. Ao contrário do coeficiente de correlação de Pearson, não requer a suposição de que a relação entre as variáveis seja linear, nem requer que as variáveis sejam medidas em intervalo de classe. O coeficiente de correlação por postos de Spearman ( $r_s$ ) é dado pela expressão:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Onde:

$d_i = r(x_i) - r(y_i)$ , ou seja, é a diferença entre cada posto de valor correspondente x e y;

$n$ : o número dos pares dos valores.

$r_s$ : é uma estatística amostral

O procedimento para efetuar o teste é o seguinte:

1. Definir das hipóteses:

$H_0$ : as variáveis são independentes ou as variáveis não estão associadas.

$H_1$ : as variáveis são dependentes ou as variáveis estão associadas.

2. Fixar o nível de significância ( $\alpha$ );

3. Ordenar por postos cada variável;

4. Calcular a diferença entre os postos;

5. Calcular  $r_s$

6. Comparar o  $r_s^2_{calculado}$  com o  $r_s^2_{tabelado}$

Se  $r_s^2_{calculado} < r_s^2_{tabelado}$  não se pode rejeitar  $H_0$ , isto é, não se pode dizer que as variáveis estão associadas.

Se  $r_s^2_{calculado} > r_s^2_{tabelado}$  rejeita-se  $H_0$ , concluindo com o risco  $\alpha$ , que as variáveis estão associadas.

É importante destacar que o teste de hipótese pode ainda ser dado a partir da comparação entre o p-valor da estatística calculada e  $\alpha$ .

#### Teste de Kolmogorov Smirnov

O teste de Kolmogorov-Smirnov (K-S) é um teste de aderência. Isto é, avalia o grau de concordância entre a distribuição de um conjunto de valores amostrais (valores observados) e determinada distribuição teórica específica ou mesmo, entre duas distribuições amostrais. O teste prova se os valores amostrais podem provavelmente serem considerados como oriundos de uma mesma população, ou seja, no teste de K-S comparam-se as frequências relativas acumuladas registradas nas amostras ou de uma amostra com as que se esperariam se a distribuição populacional fosse a especificada na hipótese nula.

Em se tratando da comparação entre duas amostras, deve-se construir uma distribuição de probabilidade acumulada para cada uma das amostras, considerando sempre intervalos iguais. Em seguida, para cada intervalo subtrai-se uma função da outra. Seja  $S_{n_1}(x) = \frac{k}{n_1}$ , onde k é o número de escores não superiores a X. Da mesma forma define-se  $S_{n_2}(x)$ . A estatística teste é o ponto de maior diferença (em valor absoluto) entre as duas distribuições:

$$D = \max |S_{n_1}(x) - S_{n_2}(x)|$$

Onde:

$S_{n_1}(x)$  : é a distribuição de frequências para amostra  $n_1$ ;

$S_{n_2}(x)$  : é a distribuição de frequências para amostra  $n_2$ ;

D: a diferença observada ou desvio máximo.

O procedimento para efetuar o teste é o seguinte:

1. Definir das hipóteses:
  - $H_0$ : as distribuições sob comparação são semelhantes;
  - $H_1$ : as distribuições sob comparação são diferentes;
2. Fixar o nível de significância ( $\alpha$ );
3. Ordenar os dados e definir os intervalos,
4. Calcular  $S_{n_1}(x)$  e  $S_{n_2}(x)$ ;
5. Calcular o valor de D para cada observação;
6. Escolher o maior dessas diferenças em módulo;

7. Comparar o  $D_{calculado}$  com o  $D_{tabelado}$

Se  $D_{calculado} < D_{tabelado}$  não se pode rejeitar  $H_0$ , isto é, não se pode dizer que as distribuições testadas são semelhantes;

Se  $D_{calculado} > D_{tabelado}$  rejeita-se  $H_0$ , concluindo com o risco  $\alpha$ , que as distribuições testadas são diferentes.

É importante destacar que o teste de hipótese pode ainda ser dado a partir da comparação entre o p-valor da estatística calculada e  $\alpha$ .

## **APÊNDICE 2**

As correlações entre as variáveis estão apresentadas na matriz simétrica da Tabela A2.

Tabela A2: Correlações entre variáveis

Var.	Y <sub>4</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>12</sub>	Y <sub>1</sub>	Z <sub>1</sub>	Y <sub>5</sub>	Z <sub>2</sub>	Y <sub>10</sub>	Y <sub>9</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>8</sub>	Y <sub>7</sub>	Z <sub>3</sub>	Z <sub>4</sub>	Y <sub>11</sub>
Y <sub>4</sub>																
Y <sub>2</sub>	-0,1073															
Y <sub>12</sub>	0,2835	0,2428														
Y <sub>1</sub>	-0,0598	0,3138	0,0194													
Z <sub>1</sub>	0,2240	-0,0672	0,2464	-0,07523												
Y <sub>5</sub>	-0,1570	0,3421	0,1957	0,1479	-0,0162											
Z <sub>2</sub>	0,0784	0,0178	0,0567	-0,1402	-0,1987	0,0236										
Y <sub>10</sub>	0,9439	-0,1071	0,3290	-0,0521	0,2287	-0,0890	0,0922									
Y <sub>9</sub>	0,9482	-0,1267	0,3158	-0,0736	0,2548	-0,1140	0,0713	0,9306								
Y <sub>3</sub>	0,1667	0,2639	0,6198	-0,2051	0,2502	0,1576	0,1935	0,1710	0,1883							
Y <sub>6</sub>	0,7221	-0,0818	0,1919	-0,0269	0,1839	-0,1283	0,0608	0,7648	0,6909	0,0693						
Y <sub>8</sub>																
Y <sub>7</sub>	0,5265	0,2247	0,6105	-0,1565	0,2587	0,1134	0,1648	0,5497	0,5284	0,8005	0,4633					
Z <sub>3</sub>																
Z <sub>4</sub>	-0,1552	-0,1149	-0,1593	0,0592	0,0248	-0,0703	-0,1034	-0,1542	-0,1694	-0,1739	-0,0394		-0,1627			
Y <sub>11</sub>	-0,7636	0,1549	-0,2000	0,0583	-0,1725	0,2617	-0,0359	-0,8228	-0,7359	-0,0471	-0,6864		-0,4135		0,0979	
X	-0,0812	-0,0356	0,1156	-0,0709	0,0783	0,0298	-0,0239	-0,0713	-0,0446	0,1827	-0,1067		0,0988		-0,0420	0,0706

X Número de irregularidades (2001-2004)  
Y<sub>1</sub> Distância à capital  
Y<sub>2</sub> Área (Km<sup>2</sup>)  
Y<sub>3</sub> Pessoas residentes (2000)  
Y<sub>4</sub> Alfabetização (2000)  
Y<sub>5</sub> Índice de Theil (2000)  
Y<sub>6</sub> PIB per capita (2002)  
Y<sub>7</sub> Receita tributária (2002)

Y<sub>8</sub> Região  
Y<sub>9</sub> IDHM\_Educação (1991)  
Y<sub>10</sub> IDHM (2000)  
Y<sub>11</sub> Pobreza (2003)  
Y<sub>12</sub> Comunicação (2001)  
Z<sub>1</sub> Escolaridade (2001)  
Z<sub>2</sub> Idade  
Z<sub>3</sub> Reeleito (2000)  
Z<sub>4</sub> Votos percentuais (2000)

A medida da variação conjunta de variáveis ou covariação é a correlação entre duas variáveis. Essa medida é realizada numericamente por meio dos coeficientes de correlação que representam o grau de associação entre duas variáveis contínuas. As medidas genéricas de correlação, frequentemente são designadas por  $\rho$ , são adimensionais e variam entre -1 e +1. No caso de  $\rho = 0$ , não existe correlação entre as duas variáveis. Quando  $\rho > 0$ , a correlação é positiva e uma variável aumenta quando a outra cresce. A correlação é negativa,  $\rho < 0$ , quando as variáveis variam em direções opostas.