



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO URBANO E
REGIONAL**

**ASSOCIANDO DADOS SOCIOECONÔMICOS COM MUDANÇA DE USO DO
SOLO NA ESCALA INTRA-URBANA**

MARINA PINO DE BARROS COELHO

**PORTO ALEGRE
2010**

MARINA PINO DE BARROS COELHO

**ASSOCIANDO DADOS SOCIOECONÔMICOS COM MUDANÇA DE USO DO
SOLO NA ESCALA INTRA-URBANA**

**Dissertação apresentada como requisito
parcial à obtenção do título de Mestre
em Planejamento Urbano e Regional no
Programa de Pos-Graduação em
Planejamento Urbano e Regional –
PROPUR, da Universidade Federal do
Rio Grande do Sul – UFRGS**

Orientador: Prof. Dr. Rômulo Krafta

Porto Alegre

2010

MARINA PINO DE BARROS COELHO

**ASSOCIANDO DADOS SOCIOECONÔMICOS COM MUDANÇA DE USO DO
SOLO NA ESCALA INTRA-URBANA**

**Esta dissertação foi julgada adequada para
obtenção do título de Mestre em Planejamento
Urbano e Regional e aprovada pelo orientador e
pela banca examinadora.**

Prof. Dr. Rômulo Krafta

Dep. de Urbanismo, Faculdade de Arquitetura, UFRGS
Prof. Orientador e Presidente da Banca

Profa. Dra. Joana Barros

Dept. of Geography, Environment and Development Studies
Birkbeck College, University of London

Profa. Dra. Eliane Constantinou

Dep. de Arquitetura, Faculdade de Arquitetura, UFRGS

Prof. Dr. Oberon da Silva Mello

Dep. de Urbanismo, Faculdade de Arquitetura, UFRGS

**Agradeço a todas as pessoas que tornaram
este trabalho possível e, em especial:
aos meus pais Solange e Arthur,
ao meu amigo Tabajara Lucas de Almeida,
ao professor Marcello Baquero e
ao meu orientador, professor Rômulo Krafta.**

RESUMO

Considerando a necessidade e a importância dos estudos sobre evolução dos modelos urbanos, melhorando a qualidade de interpretação de seus fenômenos e auxiliando na definição das políticas de planejamento urbano, o objetivo específico deste estudo foi demonstrar, por métodos estatísticos, a correlação existente entre dois grupos de dados de natureza distinta – tipologias funcionais e perfil socioeconômico de população – de modo a encontrar tendências de mudança em um modelo de evolução na escala intra-urbana.

Para isso, foram utilizados dados do bairro Santana da cidade de Porto Alegre – RS, em um recorte temporal construído a partir de dados disponibilizados por Constantinou (2007) e pelo IBGE (2009).

O tipo de análise utilizada – Análise de Correlação Canônica – identificou as variáveis mais correlacionadas entre si e entre os grupos para um entendimento mais preciso das características de ocupação para possíveis extrapolações temporais.

Os resultados obtidos na análise canônica dos dados ($RC1=0,66$) apontam para a confirmação da hipótese de que os grupos de dados em questão são correlacionados e devem ser ampliados para posterior replicação e confirmação do modelo.

O modelo desenvolvido chega mais perto da possibilidade de identificação de um ponto de resiliência do sistema urbano, auxiliando no planejamento das cidades.

ABSTRACT

Considering the need and importance of studies on evolution of urban models, improving the quality of interpretation of its phenomena and assisting in the definition of urban planning policies, the specific goal of this study was to demonstrate by statistical methods, the correlation between two data groups of a different nature – functional typologies and socioeconomic profile of the population - in order to find trends of change in a model for change in intra-urban scale.

In order to do that, it was used data from the Santana district of Porto Alegre - RS, at a time series model constructed from data provided by Constantinou (2007) and IBGE (2009).

The type of analysis used - Canonical Correlation Analysis – identifies the variables most correlated among themselves and between the groups for a more precise understanding of occupational characteristics for possible temporal extrapolations.

The results obtained in the canonical analysis ($RC1 = 0.66$) point to the confirmation of the hypothesis that the data groups in question are related and should be expanded to further replication and confirmation of the model.

This model comes closer to identifying a point of resilience of the urban system, assisting the planning of cities.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estruturação do modelo _____	50
Figura 2 Recorte da área de estudo _____	51
Figura 3 Quantidade bruta de dados para cada setor _____	52
Figura 4 Mapa dos Grupos de Análise da pesquisa _____	53
Figura 4a Planilha de compatibilização das áreas dos Grupos de Análise _____	55
Figura 4b Planilha de compatibilização das áreas dos Grupos de Análise _____	56
Figura 4c Planilha de compatibilização das áreas dos Grupos de Análise _____	57
Figura 4d Planilha de compatibilização das áreas dos Grupos de Análise _____	58
Figura 4e Planilha de compatibilização das áreas dos Grupos de Análise _____	59
Figura 4f Planilha de compatibilização das áreas dos Grupos de Análise _____	60
Figura 4g Planilha de compatibilização das áreas dos Grupos de Análise _____	61
Figura 5 Classificação dos Grupos de Análise por freqüência de tipologia _____	64
Figura 6 Freqüências de tipologia funcional residencial na década de 1990 ____	65
Figura 7 Freqüências de tipologia funcional residencial na década de 2000 ____	65
Figura 8 Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre a década de 1970 e 1980 para o Setor 01 _____	66
Figura 9 Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre a década de 1980 e 1990 para o Setor 01 _____	67
Figura 10 Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre a década de 1990 e 2000 para o Setor 01 _____	67
Figura 11 Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre a década de 1970 e 1980 para o Setor 07 _____	68
Figura 12 Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre a década de 1980 e 1990 para o Setor 07 _____	68
Figura 13 Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre a década de 1990 e 2000 para o Setor 07 _____	69
Figura 14 Cruzamento dos dados de tipologias funcionais para o Setor 07 entre as décadas de 1970 e 1980 _____	70
Figura 15 Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre a década de 1970 e 1980 para o Setor 10 _____	71
Figura 16 Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre a década de 1980 e 1990 para o Setor 10 _____	72
Figura 17 Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre a década de 1990 e 2000 para o Setor 10 _____	72
Figura 18 Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre a década de 1970 e 1980 para o Setor 18 _____	73
Figura 19 Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre a década de 1980 e 1990 para o Setor 18 _____	74

Figura 20 Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre a década de 1990 e 2000 para o Setor 18 _____	74
Figura 21 Tipologias Funcionais na escala do lote – década de 1970 _____	75
Figura 22 Tipologias Funcionais na escala do lote – década de 1980 _____	76
Figura 23 Tipologias Funcionais na escala do lote – década de 1990 _____	76
Figura 24 Tipologias Funcionais na escala do lote – década de 2000 _____	77
Figura 25 Média de renda por setor – década de 1990 _____	78
Figura 26 Média de renda por setor – década de 2000 _____	79
Figura 27 Média de escolaridade por setor – década de 1990 _____	79
Figura 28 Média de escolaridade por setor – década de 2000 _____	80
Figura 29 Média de densidade por habitação por setor – década de 1990 _____	80
Figura 30 Média de densidade por habitação por setor – década de 2000 _____	81
Figura 31 Média de idade por setor – década de 1990 _____	81
Figura 32 Média de idade por setor – década de 2000 _____	82
Figura 33 Histogramas de freqüências da variável densidade por habitação no Setor 01 _____	84
Figura 34 Histogramas de freqüências da variável escolaridade no Setor 01 _____	84
Figura 35 Histogramas de freqüência da variável renda no Setor 01 _____	84
Figura 36 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 01 _____	85
Figura 37 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 01 _____	86
Figura 38 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 01 _____	86
Figura 39 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 01 _____	86
Figura 40 Histogramas de freqüências da variável densidade por habitação no Setor 07 _____	87
Figura 41 Histogramas de freqüências da variável escolaridade por habitação No Setor 07 _____	87
Figura 42 Histogramas de freqüência da variável renda no Setor 07 _____	87
Figura 43 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10 _____	88
Figura 44 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10 _____	88
Figura 45 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10 _____	88
Figura 46 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10 _____	88
Figura 47 Histogramas de freqüências da variável densidade por habitação no Setor 07 _____	89
Figura 48 Histogramas de freqüências da variável escolaridade no Setor 10 _____	89

Figura 49 Histogramas de freqüência da variável renda no Setor 10 _____	89
Figura 50 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10 _____	90
Figura 51 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10 _____	90
Figura 52 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10 _____	90
Figura 53 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10 _____	90
Figura 54 Histogramas de freqüências da variável densidade por habitação no Setor 18 _____	91
Figura 55 Histogramas de freqüências da variável escolaridade por habitação no Setor 18 _____	91
Figura 56 Histogramas de freqüência da variável renda no Setor 18 _____	91
Figura 57 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 18 _____	92
Figura 58 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 18 _____	92
Figura 59 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 18 _____	92
Figura 60 Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 18 _____	92
Figura 61a Matriz da análise canônica _____	94
Figura 61b Matriz da análise canônica _____	95
Figura 62 Resumo da análise canônica _____	97
Figura 63 Autovalores de correlação e geração das raízes canônicas _____	98
Figura 64 Cruzamento entre autovalores e correlações canônicas identificando as raízes canônicas _____	99
Figura 65 Cruzamento entre autovalores e correlações canônicas identificando as raízes canônicas e suas respectivas significâncias _____	99
Figura 66 Pesos canônicos do grupo de dados socioeconômico _____	100
Figura 67 Pesos canônicos do grupo de dados das tipologias funcionais _____	100
Figura 68 Correlação entre as raízes canônicas dos dois grupos de variáveis _____	102
Figura 69 Estrutura fatorial do grupo de variáveis socioeconômicas _____	103
Figura 70 Estrutura fatorial do grupo de variáveis tipologias funcionais _____	103
Figura 71 Variância extraída das variáveis do grupo socioeconômico _____	105
Figura 72 Variância extraída das variáveis do grupo das tipologias _____	105

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa e Objetivos	12
1.2 Problemática	15
2 REVISÃO TEÓRICA	18
2.1 Ecossistema urbano e resiliência	19
2.2 Indicadores e variáveis	26
2.3 Modelagem urbana	33
2.3.1 Modelos configuracionais	35
2.3.2 Modelos de evolução urbana	38
2.4 Banco de dados	41
2.4.1 Estatística	42
2.4.2 Modelo de Análise Canônica	43
2.5 Diretrizes para o trabalho	44
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	47
3.1 Estruturação do modelo de análise	50
4 ANÁLISE DO RECORTE URBANO	51
4.1 Montagem do banco de dados	53
4.2 Testes	62
4.2.1 Evolução do banco <i>tipologias funcionais</i>	62
4.2.2 Relação variáveis IBGE	77
4.2.3 Correlação canônica entre variáveis IBGE e tipologias	93
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	114
7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	116

1 INTRODUÇÃO

Esse trabalho concentra-se no teste de uma nova metodologia para montagem de medidas indicativas de desempenho urbano que consigam explicar parcialmente o papel da configuração da cidade a partir da combinação de Índices Socioeconômicos – densidade populacional, renda e escolaridade – e Tipologias Funcionais¹.

O estudo das dinâmicas urbanas e transformações espaciais na cidade, sob uma visão sistêmica, tratando da cidade como um sistema complexo auto-organizador que se sustenta sob um equilíbrio instável respondendo a distúrbios constantes, busca entender melhor os padrões de mudança e as regras do sistema, de modo a melhor auxiliar os tomadores de decisão a alcançar seus objetivos.

Medir sustentabilidade urbana de maneira direta ultrapassa a alçada deste trabalho. Ele está inserido em um âmbito mais palpável de análise da dinâmica espacial e evolução do sistema intra-urbano, justamente na correlação de dados de recortes temporais que buscam testar uma metodologia que aprimore a ponderação de variáveis em um modelo, de modo a acercar-se da relativa sustentabilidade urbana.

A maneira mais utilizada para acessar algum tipo de sustentabilidade urbana tem sido feito através da montagem de indicadores urbanos, utilizando variáveis que buscam ilustrar qualidade de vida e impacto ambiental em uma área. A combinação dessas variáveis para gerar índices e indicadores, no entanto, geralmente é feita pelo próprio pesquisador.

Indicadores urbanos que busquem acessar valores de relativa sustentabilidade, como a resiliência, através de variáveis espacializáveis – que possam ser representadas simplificada em mapas e gráficos – é um campo em expansão nas ciências urbanas. Indicadores sociais têm sido muito utilizados por governos para traçar perfis populacionais e ambientais. Aferindo valores às variáveis que são aparentemente correlacionadas, os agentes

¹ As tipologias funcionais correspondem à classificação desenvolvida por CONSTANTINO (2007) para agrupar tipos de usos e edificações, englobando diversos tipos de atividades.

urbanos² têm uma idéia da situação atual das populações e assentamentos que os ajuda a alcançar suas metas.

Constantinou (2007) ilustra, através de um modelo probabilístico formado por matrizes condicionais, como se dá a dinâmica de transformação de um bairro na escala intra-urbana levando em conta o uso do solo, mais precisamente as tipologias funcionais.

Seu modelo possibilita a “identificação de regras micro-espaciais que estabelecem mudanças entre unidades de forma construída através do tempo, Portanto, a alocação de uma unidade de forma construída em um lote depende do estado tipológico do lote no período imediatamente anterior” (Constantinou, 2007b).

Através da metodologia aplicada por Constantinou, pode-se obter a probabilidade de mudança da tipologia funcional em cada lote, no contexto de sua respectiva vizinhança, demonstrando que o estado tipológico atual do lote condensa toda sua história sistêmica, “possibilitando a inferência de possíveis estados futuros e plataformas de estabilidade sistêmica através de padrões de ocupação estabelecidos na rede espaço-temporal” (Constantinou, 2007b).

Este trabalho propõe o uso de indicadores sociais conjuntamente com modelos estatísticos (banco de dados) para analisar a associação entre o padrão de ocupação de um local através do tempo. A dinâmica da transformação intra-urbana através do tempo, ilustrada por Constantinou (2007), enfrenta um impasse no momento em que o modelo probabilístico atinge certo nível de complexidade. Neste momento, as probabilidades de um lote se transformar em várias outras tipologias funcionais ocorrem com a mesma grandeza. Portanto, a associação das tipologias funcionais com outras variáveis sociais pretende auxiliar no *critério de desempate* dessa probabilidade. Esse trabalho também se insere na temática das metodologias de construção de modelos urbanos iterativos, no momento em que se consigam dados suficientes para montar uma série temporal robusta para essas variáveis.

² Agentes urbanos são aqueles que atuam na cidade e de alguma forma proporcionam mudança na mesma. Como, por exemplo, especuladores imobiliários, comerciantes, órgãos governamentais, trabalhadores, turistas, etc.

1.1 Justificativa e Objetivos

O modelo a ser desenvolvido nesse projeto pretende associar variáveis do perfil socioeconômico da população com o padrão de ocupação do terreno, por meio descritivo e verificação de padrões e tendências, da consequência que as mudanças de uso têm na população habitante de um local.

A ciência da complexidade e a teoria de auto-organização têm sido utilizadas como tratados teóricos alternativos, pois partem do princípio que podem ser utilizadas na análise dos sistemas naturais e sociais, apresentando variáveis que interagem e promovem constantes mudanças na estrutura interna desses sistemas. (CONSTANTINOU, 2007, p. 63)

A partir desse contexto, o modelo proposto procura demonstrar uma ligação entre as dinâmicas sociais e morfológicas do sistema intra-urbano, de modo a esboçar padrões de mudança a partir da comparação entre recortes temporais, ilustrando a evolução do sistema.

Um modelo probabilístico de evolução do sistema intra-urbano foi testado por Constantinou (2007), o qual demonstrou, nas características do bairro em questão, que os padrões de transformação entre as tipologias funcionais podem ser tratados como um processo markoviano³ e seu nível de complexidade calculado através de medidas de entropia e complexidade de Kolmogorov (PILLAR, apud CONSTANTINOU, 2007). Constatou-se que, com um nível elevado de complexidade do sistema, o “sorteio” da ocupação futura sofre com a mesma probabilidade de várias opções de transformação.

Sob o âmbito configuracional do sistema urbano, o intuito desse trabalho é identificar correlações de variáveis que sejam associadas ao padrão de ocupação para que sirvam de *critério de desempate* em um futuro estudo de evolução espacial na escala intra-urbana.

³ A teoria de Markov se refere a um processo estocástico em que a probabilidade de distribuição condicional dos estados futuros depende somente do presente, ou seja, “o futuro não depende do passado”. Processos discretos que apresentam a propriedade de Markov se chamam processos markovianos

O objetivo específico deste estudo foi demonstrar, por métodos estatísticos, a correlação existente entre dois grupos de dados de natureza distinta – tipologias funcionais e perfil socioeconômico de população – de modo a encontrar tendências de mudança em um modelo de evolução na escala intra-urbana.

O uso de variáveis complementares às das tipologias funcionais no modelo é útil no momento em que indica uma associação entre a forma construída (inanimada) e a população residente (animada), sempre atrelada à sua configuração (mapa) e à dinâmica de transformação (vizinhança).

A condição atual de complexidade do sistema urbano em questão, segundo Contantinou (2007), aglomera a complexidade e o passado no presente. Para conseguir correlacionar os dados animados com os inanimados em uma série temporal, haveria duas alternativas: uma através da construção paralela de duas séries temporais expressas em um modelo probabilístico e simuladas as correlações; e outra através das correlações simultâneas dos grupos de variáveis para obter coeficientes de correlação e analisar sua ponderações.

A primeira alternativa se provou impraticável pela inexistência de dados disponíveis. Portanto, a aferição de um limiar de mudança a partir da simulação foi abandonada. Por outro lado, trabalhando com o montante de dados existente, se obteve uma ponderação simplificada entre as correlações das variáveis, o que se mostrou prática para observar padrões de mudança e perfil populacional.

Portanto, este estudo descritivo da última fase do desenvolvimento do sistema em questão, o Recorte Urbano do Bairro Santana, a mais complexa, abordará testes estatísticos para associar variáveis e observar padrões entre esses dados. Para isso, foi construído um banco de dados da população total do recorte urbano durante as décadas de 1990 e 2000.

Indicar alguma medida de resiliência⁴ no contexto urbano que dê aos planejadores um respaldo no que diz respeito à análise e decisão sobre impactos de políticas e intervenções sempre foi um dos objetivos principais deste trabalho. Para isso, considera-se resiliência a capacidade do sistema urbano de absorver transformação sem que as regras do sistema⁵ sejam afetadas, causando uma mudança estrutural. Isto é, o limite de resiliência seria a capacidade máxima do sistema em absorver transformações configuracionais de âmbito socioeconômico e funcional sem perder suas características de atratores econômicos e regras sociais.

Como, por exemplo, confirmar a hipótese de que é possível saber quando chega o limite de sustentação de uma população, antes de ser repelida de um local por pressões principalmente econômicas, isto é, quando seu perfil socioeconômico não se aplica mais às regras locais de ocupação.

A associação de dados de naturezas distintas desse trabalho (perfil social e perfil construído) traz a possibilidade de, no futuro, com um banco de dados mais robusto, verificar algum tipo de limite de ocupação, ou seja, inferir causalidade nessa transformação, o que no momento não foi possível, pela escassez de dados.

A pesquisa interdisciplinar, para ser utilizada efetivamente, deve ser relevante para planejadores, burocratas, empresários e usuários diretos do sistema, o que requer um estudo a partir de uma metodologia integrada, estruturas conceituais unificadas e mutuamente relevantes a todos os agentes.

Uma medida de estágio do sistema ou nível de saturação que seja capaz de refletir a capacidade da cidade de funcionar sob as mesmas regras por mais tempo, validando o planejamento para o futuro, é de grande interesse para a ciência urbana, no momento em que filtra a complexidade urbana,

⁴ Resiliência: “1. *Fís.* Propriedade pela qual a energia armazenada em um corpo deformado é devolvida quando cessa a tensão causadora duma deformação elástica. 2. *Fig.* Resistência ao choque. FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo Dicionário da Língua Portuguesa**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Edit. Nova Fronteira, 1986. p.1.493.

⁵ Regra do sistema, nesse caso, trata-se de regras que o sistema auto-regulador revela endogenamente no processo de evolução mantendo-se no mesmo estágio de complexidade.

gerando modelos que representem de maneira simplificada alguns aspectos da realidade passíveis de testes empíricos mais diretamente aplicáveis à realidade.

Esses indicadores sociais e urbanos correlacionados com medidas espaciais podem elevar a qualidade desses modelos e conseguir representar espacialmente como ocorre a evolução dos perfis populacionais decorrente da mudança de uso do solo do sistema intra-urbano. Indicadores sociais, tais como nível de renda e escolaridade, juntamente com dados de tipologias funcionais - uso do solo combinado com a forma da ocupação – podem indicar tendências populacionais em relação ao tipo de ocupação do solo, ou tendências de ocupação de uso em relação à população.

1.2 Problemática

A utilização de modelos iterativos de ecossistemas (urbanos ou não) é cada vez maior, com o intuito de explicar de maneira clara (representada espacialmente) sua evolução, levando em conta os impactos das ações humanas e/ou naturais. Esse trabalho tenta ilustrar, também através de representação espacial em ambiente georreferenciado, alguns aspectos da evolução intra-urbana e suas consequências no subsistema urbano, diferenciando-se de modelos existentes, que tratam somente da macro-escala.

A partir do modelo de transformação intra-urbana de Constantinou (2007), que demonstra padrões de transformação do uso do solo através do tempo, tenta-se relacionar as mudanças de configuração urbana com os padrões socioeconômicos de ocupação. Por exemplo, que tipo de população é encontrado em que tipo de ocupação, e quando há uma mudança nessas vizinhanças e aumenta a diversidade de uso, como essa população se comporta frente à essa nova situação?

O modelo de Constantinou (2007) ilustra claramente a auto-organização do sistema urbano e a interdependência da vizinhança na transformação das tipologias. Ou seja, demonstra que a mudança não é puramente aleatória, mas que a configuração também condiciona a ocupação. A partir dessa premissa, o

modelo desenvolvido nesse trabalho propõe que o perfil populacional também se modifica e também é condicionado pela vizinhança, e que também gera padrões populacionais relacionados à ocupação do solo e poderia ser utilizado como refinamento no momento da espacialização da simulação. Por exemplo, a partir do momento em que o perfil socioeconômico da população está ligado a um tipo de tipologia funcional, quer dizer que também está ligado ao tipo de ocupação, e sua evolução também indica uma tendência de mudança e uma probabilidade condicionada a essas variáveis é mais claramente ilustrada.

O perfil de mudança associado, entre esses dados, pode demonstrar em que momento nessa dinâmica do sistema as populações são modificadas. Isso seria muito útil para vizinhanças onde o interesse político é o de manter populações locais mesmo depois de mudanças.

Uma medida que demonstre quando existe a probabilidade da maioria de uma população mudar-se de um local para outro pode servir para um estudo futuro que demonstre, em maior escala, os fluxos dessas populações de uma maneira geral. Esse trabalho, embora não demonstre os fluxos de população através dessa correlação, mostra as tendências de ocupação e a força da correlação entre as variáveis, aumentando o entendimento existente em relação a evolução do bairro do recorte.

O trabalho se propôs a correlacionar dados de transformação de tipologias funcionais com dados de transformação de perfil socioeconômico, de modo a verificar tendências de mudança e transformação do espaço urbano. A escassez de dados impossibilitou a criação de uma série temporal significativa, mas, como é impossível *inventar* ou *esconder* dados, deve-se trabalhar com o que há disponível, indicando as fragilidades do modelo, nem que seja para ressaltar a importância de computar esses dados no futuro, para que se possa melhorar cada vez mais a qualidade das previsões.

O uso de dados artificiais em modelos probabilísticos e correlacionais é de crescente uso em áreas como ecologia, física e biomedicina, em testes de metodologias novas comparativamente a métodos existentes. É um campo que traz resultados promissores em modelos de evolução de espécies ilustrados em ambiente GIS (Cassa, 2005).

Outros usos de dados artificiais buscam uma otimização dos dados incongruentes, difusos ou em falta, o que se torna útil à adequação de dados para alguns testes, mas ao mesmo tempo aumenta o grau de incerteza dos resultados. Esse tipo de dado não é desejável nesse estudo, pois o mesmo busca verificar as características do sistema na atualidade e continuar monitorando mudanças no futuro, portanto o uso de dados empíricos é essencial.

2 REVISÃO TEÓRICA

Este capítulo traz a contribuição da literatura sobre sistema urbano, destacando os indicadores sociais e urbanos e a modelagem urbana. Igualmente apresenta uma revisão sobre o uso de banco de dados neste tipo de estudo, em especial o modelo de análise canônica.

Tendo em vista que modelar é reduzir e simplificar, a maior dificuldade encontrada em aplicar os conceitos de ecossistema urbano complexo na modelagem é exatamente a enorme quantidade de variáveis e correlações, que não necessariamente são relevantes para todo tipo de avaliação. O que se vê frequentemente é uma escolha de variáveis relevantes ao estudo proposto, pois os próprios pesquisadores não conseguem visualizar padrões de auto-organização da realidade sem desmembrá-la.

Na abordagem sistêmica acredita-se que a única maneira de entender totalmente a razão pela qual um problema ocorre e persiste é entendendo as partes na sua relação com o todo.

Dentro dessa visão integrada de sistemas complexos, a interdisciplinaridade é chave para o desenvolvimento de uma estrutura conceitual dos ecossistemas urbanos. Segundo Wu et al, a ecologia mudou o enfoque no determinismo da teoria geral de sistemas para o dominante “modelo de sistemas complexos, com atributos de não linearidade, incerteza, emergência, relações hierárquicas e auto-organização” (2006).

Outra limitação é no que diz respeito à quantidade de dados disponíveis para a pesquisa, o que também limita o escopo dos resultados obtidos. No presente trabalho, a idéia inicial era utilizar-se cinco décadas de dados para a montagem das séries temporais de transformação de uso e de transformação populacional, mas a falta de dados disponíveis obrigou a mudança na abordagem metodológica.

O modelo de Constantinou (2007) demonstra como a auto-organização funciona na escala micro para sustentar a dinâmica funcional e extrapola

temporalmente o sistema, simulando o comportamento do mesmo por 220 anos, quando entraria em equilíbrio. Isso poderia ocorrer no sistema real se não houvesse mudanças de regras no mesmo, e ele continuasse com as mesmas tipologias e atores ao longo do tempo, mas ações em várias escalas influenciam a transformação intra-urbana, o que não invalida a maneira como o sistema funciona (auto-organizadora). Entretanto, é improvável que nada aconteça (ação exógena ao modelo ou emergência interna) para mudar essa dinâmica antes de o sistema chegar a essa estabilidade na escala micro.

No modelo de Constantinou (2007), após a constatação de que o modelo markoviano é de fato aplicável ao bairro Santana pela comparação da série temporal do modelo com a série temporal dos recortes empíricos e inferidas as probabilidades de mudança no futuro, depara-se com a igual probabilidade de mudança entre várias tipologias.

Neste estudo tentar-se-á mostrar a transformação de tipologias juntamente com a transformação populacional, identificando as relações entre variáveis socioeconômicas e de tipologias funcionais, e quais as tendências de mudança observadas nos padrões de ocupação. Com isso, busca-se entender melhor essas relações e se elas apontam na direção de um indicador de limiar de transformação. Chega-se, então, à uma possível metodologia de correlação para que, no momento em que se tenha dados temporais suficientes, replicar o modelo e verificar esse limiar comparativo entre os dados de tipologias funcionais e dados socioeconômicos.

2.1 Ecossistema urbano e Resiliência

Como referência de fundo, essa seção do trabalho discute a cidade como um ecossistema e traz a resiliência como um modo de acessar uma relativa sustentabilidade no contexto urbano, dentro de todas as dificuldades relativas ao conceito em questão, como sua conceituação e problemas em se gerar medidas de desempenho ou modelo que comporte de forma simplificada esse paradigma.

Levando em consideração que a sustentabilidade é um conceito que sofre fragilidades e múltiplas abordagens, deve-se deixar claro o que se quer dizer quando se usa o termo. A ecologia urbana hoje afirma a indivisibilidade entre meio ambiente construído e natureza. “Ao invés de distinguir os sistemas humanos dos naturais, a ecologia urbana é uma estrutura que estuda os fenômenos da paisagem em termos de suas funções, processos e padrões que levam a sua evolução a muitas escalas espaciais e temporais” (Dooling, 2007, p. 340), independentemente dessas funções ou processos serem derivados de ações humanas ou não.

A teoria dos sistemas tenta ligar as partes ao todo, ou seja, o modelo de sistemas complexos abordado pela nova ecologia tenta construir um entendimento integral dos fenômenos urbanos – humanos e naturais, conjuntamente. O sistema busca um equilíbrio dinâmico adaptando-se às mudanças, o que está de acordo com o conceito da nova ecologia⁶, procurando gerar um modelo urbano que mostre a dinâmica complexa de auto-organização. Sugerindo que a cidade seja vista como um sistema complexo, aberto, porém auto-organizador, exibindo o fenômeno de não-linearidade, bifurcação e mudança e fase.

Os estudos recentes, citados a seguir, que dizem respeito a ecossistemas urbanos, humanos e naturais, desenvolvimento sustentável e sustentabilidade concordam na maneira de tratar a cidade como um ecossistema complexo auto-organizador. Allen, Gunderson e Johnson complementam essa visão, defendendo que os processos estruturais do sistema, que operam através de diferentes escalas no tempo e no espaço, geram uma “distribuição descontínua de freqüências e estruturas, onde as discontinuidades marcam a transição de uma para outra escala” (2005, p.

⁶ De acordo com Pulliam e Johnson (2002, apud Steiner, 2004), as principais diferenças da nova ecologia em relação à sua progenitora são: a mudança de um ponto de vista baseado no equilíbrio de ecossistemas e populações em relação aos recursos e condições locais para um ponto de vista no desequilíbrio onde as populações e ecossistemas estão constantemente sob a ação de perturbações e sendo influenciados pelas mesmas; e a modificação no tratamento dos ecossistemas e populações como sistemas fechados e autônomos em relação ao seu entorno para um tratamento considerando-os como sistemas abertos e fortemente influenciados pelo fluxo de matéria e indivíduos através dele.

958), o que ilustra que a dinâmica urbana se dá pela interdependência dos agentes urbanos espaciais e sociais.

A estrutura conceitual para o estudo de ecossistemas humanos em áreas urbanas é um campo em desenvolvimento. Segundo Steiner (2004), um conjunto de conceitos pode estabelecer diretrizes para um estudo da cidade em bases sustentáveis, integrando fatores sociais na estrutura do ecossistema urbano. Esses conceitos trazem à tona uma nova metáfora, a de *idades resilientes* (PICKETT, CADENASSO e GROVE, 2004). A *resiliência*, nesse caso, refere-se à habilidade do sistema a responder de forma dinâmica a distúrbios sem perder suas características de centralidade e atratividade.

O conceito de ecossistema pode ser aplicado a uma variedade de situações diferentes. Um deles é a busca por um ecossistema urbano sustentável que, apesar de muito abordado teoricamente, ainda é pouco aplicado em forma de intervenções e desenvolvimentos de políticas que busquem equidade, proporcionando maior diversidade e capacidade adaptativa nas cidades.

Vários trabalhos mencionados a seguir abordam o tema de comunidades resilientes, mas poucos formulam princípios sistemáticos de resiliência aplicáveis a escala da cidade. Como desenvolver melhores práticas para o alívio dos danos urbanos? O que é uma cidade resiliente e porque a resiliência é importante?

De acordo com Godschalk (2002), uma cidade resiliente é uma rede sustentável de sistemas físicos e comunitários. Sistemas físicos são os ambientes construídos e naturais do ecossistema urbano. Eles incluem as estradas, edifícios, infra-estrutura, redes de comunicação, solos, topografia, geologia etc. Quando uma perturbação ocorre, os sistemas físicos devem ter a capacidade de sobreviver e funcionar sob stress extremo. “Se uma parte considerável do sistema sofrer quebras irreparáveis, as perdas multiplicam-se e a recuperação é lenta” (Godschalk, 2002) ou o caos emerge. Cidades sem sistemas físicos resilientes são extremamente vulneráveis a desastres. Já os sistemas comunitários são os componentes social e institucional das cidades. Eles incluem as associações humanas formais e informais, estáveis e

improvisadas, que operam na área urbana, tais como: vizinhanças, agências, organizações, empresas e instituições públicas. Ou seja, as comunidades agem como a interface entre os agentes e ambiente, direcionando as atividades, respondendo às suas necessidades, e aprendendo com a experiência.

A conceituação de *ciudades resilientes* de Steiner (2004) proporciona a base para tentar-se abordar os ecossistemas urbanos ligando os princípios teóricos com a aplicação, as novas tecnologias de monitoramento remoto e modelagem computacional com ferramentas úteis para um planejamento sustentável. Allen afirma que, na evolução desse sistema, a sustentabilidade e o aprendizado encontram-se “na manutenção da capacidade de adaptação e mudança, ao invés de na eficiência de qualquer sistema fixo” (1994). A eficiência de um sistema fixo até pode ser aplicado na cidade, mas deve ser relativizado em relação a uma ou mais variáveis para que possa ser entendido como tal – um resultado imediato. Estudos de eficiência urbana que usam medidas isoladas são muito úteis para o entendimento do que está posto, mas, para acessar tendências de transformação, o tempo sempre deve entrar na equação.

Um sistema com alta diversidade tem maiores condições de superar distúrbios sem precisar mudar seus princípios de funcionamento. Por exemplo, uma comunidade voltada para um único segmento econômico – uma grande indústria ou um grande latifúndio – tem poucas chances de sobreviver se por algum motivo, interno (por exemplo, a falta de matéria prima) ou externo (surgimento de uma nova tecnologia), faça esse sistema homogêneo colapsar. Por outro lado, uma comunidade onde ocorram diversas formas de geração de renda e acumulação de capital tem maior chance de se adaptar quando as regras do jogo mudam.

Passando pela sistematização do conceito de sustentabilidade, depara-se com um novo problema: a teoria de desenvolvimento sustentável. Jabareen (2006) revisa a literatura multidisciplinar ligada ao problema de unir desenvolvimento – uma premissa econômica, e sustentabilidade, que de modo geral é tida como uma premissa ecológica, mas vem sendo interpretada de

maneiras diversas, por vários atores sociais, e com diferentes objetivos. É importante salientar que a base conceitual de desenvolvimento sustentável e a maneira como esse conceito se traduz para a prática não é universalmente igual.

A busca por modelos de avaliação de comunidades resilientes e sustentáveis gerou outra abordagem ao tema, que busca fugir de índices tão subjetivos e dificilmente tangíveis no que diz respeito a sua avaliação, como a estrutura conceitual de Steiner (2004).

“O conceito de resiliência apresenta fragilidades no que diz respeito a medidas claras e testáveis da “habilidade do sistema em suportar choques internos e externos sem mudar sua área de atuação” (Allen, Gunderson e Johnson, 2005, p.958)

Também não se sabe claramente como medir resiliência num sistema antes de ele apresentar mudança, ou seja, antes que o limite de resiliência tenha sido ultrapassado.

Os conceitos anteriormente descritos defendem a idéia de que decisões tomadas a nível local geram consequências no nível global e apontam que as correlações entre as medidas de desempenho urbano não podem ser interpretadas destacadamente do todo, mas devem ser sempre vistas através de suas associações. Este trabalho busca, em um recorte na escala intra-urbana, associar variáveis indicadoras de desempenho urbano para chegar mais perto da possibilidade de se criar um banco de dados atrelado ao espaço urbano, que possa demonstrar com mais robustez as correlações e causalidades entre essas variáveis através do tempo.

Habitualmente os índices de sustentabilidade são desenvolvidos para um determinado segmento da ciência, separando os *tipos de sustentabilidade* para seu uso na análise dos resultados, mas, na verdade, deveria existir um tipo de sustentabilidade. Através da visão sistêmica, onde o sistema em questão é o maior possível – a Terra, a sustentabilidade global poderia ser melhor definida, pois o que interessaria seria a manutenção da vida e da diversidade no planeta, mesmo que em detrimento de alguns subsistemas como algumas cidades, algumas espécies...

A partir desta constatação, chegamos a outro nível do problema: essa sustentabilidade tem hierarquia? Há níveis mais importantes para a funcionalidade do sistema em detrimento de outros? Quais os tipos de subsistemas ou características que levariam a uma classificação hierárquica dos subsistemas e suas inter-relações? A resiliência seria um termo mais apropriado quando se trata de sustentabilidade na micro-escala urbana? Sob essa visão, os pontos frisados por Steiner (2004) para a manutenção da sustentabilidade tornam-se um tanto utópicos, pois para alcançá-los deve-se tomar o sistema como um todo, o que até hoje é um fato intangível.

Segundo Voinov (2008), há dois tipos de subsistemas principais e suas relações com o supra-sistema: os funcionais e os replicáveis. Os subsistemas funcionais são responsáveis por funções específicas do todo, como, por exemplo, as diferentes espécies do ecossistema, enquanto os subsistemas replicáveis “não proporcionam nenhuma função única ou nova ao todo, são meramente reproduções das mesmas funções” (p.499), como por exemplo, várias indústrias têxteis em uma região. Ou seja, a sustentabilidade dos subsistemas funcionais é crucial para a continuidade do sistema global, pois sem eles a dinâmica do ecossistema deve ser reformulada; já os subsistemas replicáveis, apesar de também afetarem a dinâmica do sistema, não causam danos irreversíveis ao todo, pois as mesmas funções continuam sendo providas por outros subsistemas de igual função.

De acordo com a idéia de que uma sustentabilidade global, onde o sistema global (a Terra) seja funcional por mais tempo, a cidade seria um subsistema replicável o qual contém outros subsistemas replicáveis de menor escala, como as tipologias funcionais. Segundo Constantinou (2007), quanto maior diversidade funcional no subsistema intra-urbano – escala micro, maior é a estabilidade do sistema global – escala macro.

O conceito de sustentabilidade é visto, na maioria das vezes, como a sustentação das leis do sistema, ou seja, o prolongamento do estado de um sistema que se julga equilibrado para promover equidade social e desenvolvimento econômico, sem que o ecossistema natural seja prejudicado. Mas esse conceito já se demonstrou precário no que diz respeito à evolução do

sistema, pois os sistemas são dinâmicos independentemente das regras impostas pelo conceito de que a sustentabilidade é a sobrepujança do ecossistema natural em detrimento do humano – o que nega a nova ecologia. Ou seja, os sistemas se auto-organizam e se sustentam em detrimento de outros, se correlacionam em competição ou cooperação, portanto, o que realmente está em jogo no momento de sustentar a vida na cidade mantendo suas qualidades e gerando novas oportunidades é a resiliência do sistema.

Apesar da idéia de que uma comunidade sustentável vai ao encontro da equidade social, mas com diversidade cultural, racial e econômica, onde todos os grupos e indivíduos têm acesso a serviços básicos e têm iguais oportunidades, um melhor desempenho do sistema depende da sua capacidade de adaptação. Isto é, quanto maior a diversidade funcional do sistema, mais facilmente aflorará sua resiliência.

Além da questão da resiliência como modo de acessar sustentabilidade, a discussão entre as escalas de intervenção de trabalho e a assimilação dos sistemas, ou seja, entre as perspectivas globais e regionais de sustentabilidade traz um nova dimensão: a questão político-geográfica. Apesar da globalização econômica, os limites políticos estão sempre presentes – inclusive interferindo no sistema econômico, tendo os governos diferentes prioridades, competitividades e metas. Por esta razão, o entendimento da sustentabilidade global é prejudicado.

A mesma questão, dialética, em relação ao desenvolvimento sustentável, repete-se na sustentabilidade do sistema global. Ao mesmo tempo em que o desenvolvimento é uma premissa econômica que visa à expansão e ao acúmulo de capital, a idéia de ser sustentável traz a premissa de prolongar um estado do sistema, impedindo que as regras mudem bruscamente.

No caso da sustentabilidade do sistema global, nessa mesma visão dialética de sustentabilidade, procura-se um sistema sustentável, mas, ao mesmo tempo, renovável. Isto é, busca-se um prolongamento do estado atual do sistema, que, concomitantemente, permita a renovação. E isso é possível? E, mais importante, é possível na escala da cidade onde subsistemas replicáveis são abundantes?

Para a avaliação da resiliência é necessária uma retomada da visão sistêmica já mencionada. Um modo de acessar a relativa resiliência pode ser através do estudo de limiares de esgotamento, ou seja, como medir o quanto os recursos do ecossistema urbano estão em vias de exaustão, o que reflete em mudança de estado do sistema. O principal desafio para isso é conseguir verificar o quanto o subsistema em questão está próximo da renovação, para possibilitar o assessoramento do estado atual e conseguir *esticá-lo*, promovendo políticas públicas que não levem à estagnação, mas que promovam a renovação sem o desmantelamento completo do sistema.

2.2 Indicadores e variáveis

Um dos principais objetivos deste trabalho é exatamente associar variáveis componentes dos indicadores sociais ao local específico onde eles foram gerados. A escala de desagregação desse mapa, portanto, é o setor censitário. O Censo é um instrumento usado por governos para descobrir o estado da população, de modo a direcionar projetos e gerir melhor os recursos públicos. Faz-se um levantamento da população como um todo, levando em consideração vários indicadores com suas respectivas variáveis. Mas, os dados coletados devem ser anônimos e, por isso, o setor censitário é um agrupamento de residências contíguas suficientemente grande para manter o anonimato, mas pequeno para poder descrever o perfil social de uma área.

Os indicadores funcionam como instrumentos capazes de demonstrar realidades de fenômenos sociais, mas, ao mesmo tempo em que quantificam variáveis de forma sintética, também estão sujeitos a muitas interpretações antes de serem utilizados pelos governantes e legisladores. Estão ligados a dados socioeconômicos e ambientais de primeira ordem, ponderados de várias maneiras diferentes, sem fazer referência à morfologia. Por mais que esses índices sejam úteis e necessários para um entendimento da sociedade, eles não costumam mostrar as particularidades da dinâmica social local, tornando-se dados que, na maioria das vezes, não apontam tendências, mas ilustram um presente estático.

Segundo Mueller (apud ROMERO, 2004, p.5) um bom indicador deve “descrever de forma sucinta as características do fenômeno estudado, permitir coerência estatística e lógica com as hipóteses levantadas e atender as necessidades de seus usuários” e ainda, ser produzido em tempo hábil para possibilitar a sua aplicação pelos setores interessados. Para poder descrever um fenômeno e não somente ser um banco de dados, esses levantamentos devem ser feitos de maneira sistemática e considerar recortes de séries temporais e espaciais.

Os indicadores sociais são instrumentos pelos quais as instituições podem não só quantificar o nível de desenvolvimento de populações, mas também aspectos de sua qualidade de vida. Para tentar acessar uma resiliência relativa do sistema intra-urbano, neste estudo, foram utilizadas variáveis sócio-econômicas para traçar o perfil populacional do bairro como renda familiar, nível de escolaridade, densidade por habitação e faixa etária.

Os indicadores são conjuntos de medidas sociais levantadas pelos governos locais, como: expectativa de vida, taxa de mortalidade, mortalidade infantil, analfabetismo, renda por capita etc, de modo a classificar esses locais como: desenvolvido ou em desenvolvimento, central ou periférico, entre outras denominações. (UN-HABITAT, 2007)

O indicador social mais utilizado mundialmente é o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e foi adotado pela ONU em 1990, na tentativa de comparar os países membros em relação à riqueza, expectativa de vida e educação. A ONU (2009), ao mesmo tempo que percebe os índices compostos de desenvolvimento humano como uma alternativa robusta para medir o bem-estar humano, reconhece que o conceito de desenvolvimento humano é muito mais amplo do que qualquer indicador poderá medir.

A partir da aplicação ampla do IDH, que contempla três aspectos sociais definidos, outros índices foram desenvolvidos para complementá-lo, como o Índice Humano de Pobreza (IDP), o Índice de Desenvolvimento relacionado ao Gênero (IDG) e a Medida de Concessão/Engrandecimento em relação ao Gênero (MEG).

O IDP basicamente mede a falta de acesso à renda e, por isso, foi revisado e separado, pela ONU, em: IDP para países em desenvolvimento, que engloba outros aspectos como analfabetismo, falta de saneamento e crianças subnutridas; e IDP para países desenvolvidos, que engloba desemprego em longo prazo, analfabetismo funcional, probabilidade de morte antes dos 60 anos,...

O IDG engloba medidas como: expectativa de vida, escolaridade, renda estimada para a população feminina e masculina, separadamente.

O MEG é um indicador composto que capta a equidade (ou falta dela) em três campos chave: a extensão da participação e tomada de decisão da mulher na política, na economia e o poder exercido pelas mulheres nos recursos econômicos. O MEG utiliza índices de posições políticas ocupadas por mulheres em diferentes *status*, trabalhadoras em cargos técnicos e profissionais, e a relação de diferença de renda estimada entre homens e mulheres.

Esses indicadores adotados pela ONU têm grande valor para o entendimento do estado atual das populações de forma unificada e comparável, mas pouco informa sobre como essas populações chegaram a esse estado e porque funcionam assim. Eles são uma forma direta para os governos elaborarem políticas sociais e justificar a aplicação de verbas em tal ou tal setor da economia.

A maioria dos indicadores urbanos informam sobre o estado atual da cidade e são essenciais para um entendimento mais amplo das condições do sistema, mas também não estão, geralmente, ligados a uma dimensão espacial. Esse tipo de indicador está normalmente mais ligado a uma coleta periódica de dados que possa, em alguns anos, mostrar tendências de desenvolvimento urbano a partir dos índices propostos. Eles derivam dos indicadores sociais, econômicos e ambientais, mas se concentram no contexto urbano como aspecto principal de análise.

Juntamente com os indicadores urbanos, e muito forte nos últimos anos, surge a premissa da sustentabilidade. Os indicadores urbanos, nesse caso,

como fortes instrumentos políticos, trazem consigo aquela questão mal resolvida da sustentabilidade, ou seja, onde o que impera é a qualidade do ecossistema natural e trata o homem como mero interventor, sempre danificando o meio ambiente. Portanto, na maioria dos casos, os índices tentam mostrar como minimizar o impacto da ação do homem no ambiente urbano, o que contradiz, em parte, com o que os indicadores sociais buscam: o desenvolvimento humano e econômico.

Na maioria dos estudos consultados sobre os indicadores urbanos, a definição de cidade sustentável, mobilidade sustentável, tecnologia sustentável, políticas sustentáveis, entre outros termos *sustentáveis*, demonstra a fragilidade do conceito, pois, de modo geral, não se define o que é sustentável e como alcançar essa sustentabilidade. Quando verificam-se as variáveis utilizadas para cada indicador, vê-se que, de modo geral, o que se entende por *atitudes urbanas sustentáveis* nada mais é do que ações ecologicamente corretas, com o intuito de minimizar o impacto ambiental no ecossistema urbano, como, por exemplo, o incentivo ao uso de transporte não-motorizado e o consumo de energia consciente pelos setores públicos.

De acordo com a Associação Nacional de Transportes Públicos, Costa, Silva e Ramos, afirmam que a

mobilidade urbana sustentável é o resultado de um conjunto de políticas de transporte e circulação que visam proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, através da priorização dos modos de transporte coletivo e não motorizados de maneira efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável. (COSTA, SILVA e RAMOS, 2004, p.3)

No estudo de Costa, Silva e Ramos (2004) um sistema de indicadores foi selecionado para avaliar cidades no Brasil e em Portugal e, de 16 sistemas de indicadores selecionados, num total de 1.350 indicadores, somente 465 eram relacionados à mobilidade e, desses, somente 115 estavam adequados a serem aplicados na escala urbana. Os indicadores reconhecidos como importantes foram reagrupados em categorias, temas e palavras-chave e aplicados de forma a hierarquizar os resultados, como nas listas da ONU.

Outro conjunto de indicadores é o desenvolvido pelos Observatórios Urbanos Globais do Programa de Indicadores Urbanos do UN-HABITAT

(2007), focado em *serviços urbanos e qualidade de vida*. O indicador *serviços urbanos* desdobra-se nos temas: educação, energia, serviços financeiros, incêndios e serviços, governança, saúde, lazer, segurança, serviços sociais, resíduos sólidos, transporte, planejamento urbano, esgoto e abastecimento de água. O indicador *qualidade de vida* desdobra-se nos temas: participação cívica, cultura, economia (novamente), meio-ambiente, habitação, equidade social, bem-estar subjetivo, tecnologia e inovação. Todos estes tópicos são relevantes para uma avaliação de desempenho urbano, mas é importante salientar que os mesmos, embora importantes, apenas ilustram aspectos desses indicadores. Por exemplo, o tema planejamento urbano inclui: data de último plano diretor aprovado, área verde por 100 mil habitantes e domicílios em área de risco; ou seja, são medidas que podem ser muito subjetivas. De que adianta um plano ser recente, se for inadequado? De que adianta muita área verde por habitante se ela for subutilizada e/ou degradada?

A produção de indicadores sob o contexto urbano têm se desenvolvido, como já visto, principalmente nos âmbitos da segregação sócio-espacial, acessibilidade e mobilidade, e sustentabilidade ambiental (bacias hidrográficas e bioclimatismo). A busca por maneiras de mensurar essas realidades e impactos vem se intensificando e gerando indicadores que contêm dados mais aprofundados e construindo metodologias mais elaboradas para alcançar o objetivo de avaliar o desempenho urbano em relação a esses fatores.

Romero et al (2004, p.10) propõem a criação de indicadores relacionados à eficiência hídrica urbana dividida nos elementos: energia, clima, comunidade e demografia hierarquizados pela sub-bacia hidrográfica, assentamento, setor de tráfego, quadra e vias, pressupondo que a questão da água não é apenas uma problemática regional, mas é no espaço intra-urbano que a mesma se potencializa e ganha contornos de saúde pública.

Em relação ao bioclimatismo dos espaços públicos, que, segundo Romero (2004) busca a integração entre clima, uso do solo, materiais, relevo, vegetação e morfologia das edificações, vários indicadores diferentes vêm sendo desenvolvidos. Por exemplo, o proposto por Rueda (apud ROMERO, 2004, p.10) de onde se pode extrair o índice de complexidade urbana baseado

na “mensuração do capital social e humano das populações, variáveis de acessibilidade ao espaço público e outras variáveis sócio-demográficas”.

Duarte (apud ROMERO, 2004) constrói um indicador relacionando densidade construída, arborização e superfícies de água em áreas urbanizadas. Já Adolphe (apud ROMERO, 2004) se concentra em energia e micro clima para propor indicadores junto com o grupo SAGACités e propõe diferentes metodologias em relação a construção, vegetação e transporte, e estrutura seus dados em um ambiente SIG⁷ apoiado em critérios morfológicos, tecnológicos, tipológicos e perceptivos.

Variáveis demográficas também servem de suporte a indicadores que procuram correlacionar o espaço público com estados de conservação dos mesmos. A segregação sócio-espacial pode ser de ordem do estado ou do mercado. Segundo Romero (2004) na visão institucional “a segregação é vista como um processo de diferenciação espacial institucionalizada e legitimada por ordens legais que conformam a produção do espaço urbano e regulamentam a dinâmica urbana” (p.11). E, pela visão de mercado,

é entendida como a expressão espacial dos diferenciais de renda no acesso ao solo urbano e aos seus serviços, orientadas pelo mercado imobiliário e onde os mecanismos institucionais parecem estar em acordo ou subjugados à própria lógica do mercado. (Romero, 2004, p.12)

Além disso, há ainda as noções de *auto-segregação* e *segregação imposta* que dizem respeito respectivamente às populações de alta renda que se isolam propositalmente, e às populações carentes que são alocadas em áreas pouco valorizadas sem poder de ação. Sendo assim, a segregação é um fenômeno urbano e indicadores quantitativos utilizam-se de variáveis, tais como, densidade relativa aos grupos sociais, índice de exclusão de renda, escolaridade, acesso a serviços e equipamentos urbanos, já enumerados anteriormente.

Os indicadores de acessibilidade e mobilidade, segundo Romero (2004) seguem duas linhas de raciocínio: uma onde apenas a separação espacial entre origem-destino é levada em conta, e outra na qual, além disso, são

⁷ **SIG** (Sistema de Informação Geográfica): ambiente digital que disponibiliza ferramentas para visualizar gerenciar dados ligados à localização geográfica.

adicionados detalhes em relação às atividades urbanas. Elas buscam avaliar o desempenho de passeios, vias, distribuição espacial de atividades, iluminação e capacidade física das pessoas.

Acessibilidade e mobilidade são conceitos distintos, mas próximos. Enquanto a acessibilidade é uma medida que está relacionada aos edifícios e a facilidade de acesso aos mesmos pela população, a mobilidade é a capacidade que essa população tem de atingir seus destinos (as edificações) facilmente, ou seja, ela inclui os meios pelos quais a população se move, embora não se restrinja a isso.

Os indicadores de acessibilidade estão mais próximos dos modelos configuracionais do que dos indicadores sociais, pois não são somente medidas diretas ponderadas, mas estão estritamente ligados a forma da cidade, mesmo que não espacializem seus resultados.

Os modelos, diferentemente dos indicadores, buscam não somente ilustrar uma realidade, mas tentam simular um processo urbano. Normalmente utilizam-se de fórmulas matemáticas mais elaboradas e para demonstrar algum fenômeno urbano desagregado de valor político, ou seja, procuram explicar como funciona o processo investigado, quantificando os resultados de acordo com uma grandeza abstrata comparável à realidade.

Uma diferença entre os indicadores citados e o banco de dados montado para esse trabalho, mesmo os atrelados a mapas, são as escalas utilizadas. Indicadores geralmente são utilizados por governos e empresas utilizando uma população inteira (índice de qualidade de vida de uma cidade, por exemplo) ou áreas muito amplas de uma região (bacias hidrográficas, por exemplo). Nesse trabalho a área é recortada de modo a avaliar o funcionamento interno da dinâmica do sistema urbano, levando em conta as tipologias funcionais e o perfil socioeconômico da população local.

Outro aspecto relevante dos indicadores é o peso dos resultados, ou seja, geralmente a escala de classificação já é valorada de acordo com bom ou ruim, melhor ou pior, e isso não se aplica ao modelo proposto nesse trabalho. O que é melhor ou pior é muito relativo, e geralmente – pelo menos no Brasil –

costuma estar fora do alcance dos planejadores. Um modelo probabilístico de evolução urbana pode demonstrar tendências de mudança, de como o local poderá se desenvolver de acordo com as regras de funcionamento do sistema. Se isso é bom ou ruim depende da intenção dos agentes planejadores e políticos para a referida área. Portanto, o intuito aqui é somente relacionar as variáveis para poder descrever o que ocorre no sistema, e não avaliar se o resultado é bom ou ruim.

2.3 Modelagem urbana

O desenvolvimento de modelos urbanos foi a forma encontrada por pesquisadores para tentar entender como as cidades funcionam.

O aparecimento, a partir dos anos 50 do século passado, de modelos matemáticos para simular o fenômeno urbano surgiu da demanda por melhores avaliações e impacto de novas rodovias. Os primeiros modelos baseavam-se na teoria da gravitação de Newton e eram basicamente para simular ampliação da rede de transportes ou padrões de ocupação (uso do solo). Uma resposta à limitação desses modelos provocou a elaboração de uma medida complementar, a da aleatoriedade, usado basicamente para o aperfeiçoamento da locação das atividades na cidade que, na realidade, não seguiam perfeitamente o modelo gravitacional. (Constantinou, 2007)

Nas cidades as atividades não se localizam seguindo regras econômicas ótimas; sempre há lugar para a incerteza e o risco. Nos modelos de locação de atividades houve a tentativa de incorporar modelos comportamentais mais realistas em relação às tomadas de decisões. Nesse esforço de simular operações de mercado urbano, surgiram os modelos determinísticos de equilíbrio, baseados em relações estatísticas lineares e econometria urbana (BERLING-WOLFF, WU, 2004). Outra gama de pesquisadores deu mais importância aos modelos de escolhas comportamentais, nos quais o problema é formulado pelo agente individual através de uma gama de alternativas discretas (ALBERTI, WADELL, 2000).

Já no final dos anos 60, alguns modelos operacionais avançaram, baseando-se na idéia de que predições de trânsito eram uma derivação de previsões de uso do solo no futuro, ou seja, a correlação entre transporte e uso do solo era muito forte. Após essa fase, já na década de 70, uma reação contra os modelos urbanos de grande escala veio à tona e as principais críticas de Lee eram: a complexidade, o preço e a falta de bases teóricas dos modelos; eles eram grosseiros e, no entanto, necessitavam de um *mundo* de dados (LEE, 1973, apud BERLING-WOLFF, WU, 2004).

A enorme complexidade dos sistemas urbanos, então, pedia a divisão do sistema em subsistemas para uma facilidade de entendimento, mas isso levou a uma ineficiência quanto a trazer respostas para o sistema como um todo, pois, com o desmembramento do sistema, as correlações foram deixadas de lado e somente soluções pontuais eram concebidas.

Mas no início da década de 80, após o aperfeiçoamento da informática e do aumento da capacidade de processamento dos computadores, a evolução desses modelos se deu rapidamente. As técnicas de modelagem dinâmica respondiam a outra crítica dos modelos de equilíbrio, tentando aproximar-se da visão da cidade como um sistema complexo, auto-organizador, evolutivo e em desequilíbrio. A partir daí modelos iterativos começaram a aparecer, mais frequentemente para ilustrar a dinâmica urbana.

A aplicação do celular autômato para a modelagem urbana foi um modo de acessar a auto-organização, enfatizando que ações no nível local geram consequências no âmbito global. A análise espacial, utilizando-se do celular autômato, procurava métodos para medir a correlação espacial nos dados e nos modelos estatísticos lineares.

As técnicas de visualização e o sistema de informação geográfica e sensoriamento remoto apoiaram-se nos métodos da análise espacial e, hoje em dia, têm solucionado muitos problemas de diagnóstico urbano, pois a visualização das medidas no território é uma ferramenta imprescindível para o entendimento dos modelos por diferentes agentes da sociedade. No ambiente do sistema de informação geográfica, os dados podem ser mapeados,

analisados, e ligados para estabelecer-se relações diretas ou correlações múltiplas.

2.3.1 Modelos configuracionais

A definição de conceitos e a análise de medidas encontradas nos modelos configuracionais urbanos fundamentam a possibilidade de obtenção sobre um único sistema real, subsistemas espaciais e sociais, e níveis locais e globais de desagregação espacial representado a partir de um único princípio associativo, a adjacência. Os modelos configuracionais apresentam base teórica e métodos operacionais desenvolvidos e amplamente testados, possibilitando a construção teórica e metodológica de um instrumento capaz de identificar as relações estruturais do espaço urbano relacionando forma e conteúdo. (CONSTANTINOU, 2007, p.35)

Os modelos configuracionais urbanos são considerados uma parte dos estudos de morfologia urbana a partir de uma abordagem configuracional, que se propõe a representar os processos espaciais da dinâmica social urbana. Para Aymonino (1975, apud CONSTANTINOU, 2007, p.11) “a morfologia urbana é o estudo que descreve o classifica as causas que contribuem para a formação e modificação da estrutura física da cidade”. Partindo desse contexto, os modelos configuracionais buscam entender os mecanismos de funcionamento do sistema urbano de forma abstrata, sintetizando variáveis de modo a decifrar os processos que regem a dinâmica urbana.

A teoria dos grafos e a representação topológica da forma urbana revolucionaram esse tipo de modelo, que anteriormente era caracterizado basicamente por modelos tipológicos, já que permite o estudo das posições e relações de entidades na rede sem levar em conta a forma e o tamanho das mesmas. “A teoria dos grafos está presente em modelos urbanos que medem a estruturação do sistema através de medidas de acessibilidade, sejam medidas de distância, topológicas, gravitacionais ou de oportunidade acumulada” (CONSTANTINOU, 2007, p.14).

De acordo com Pirie (1979, apud CONSTANTINOU, 2007), as medidas de acessibilidade são classificadas em quatro grupos: medidas de distância, medidas topológicas, medidas gravitacionais e medidas de oportunidade acumulada.

As medidas de distância são aquelas em que os pontos da malha (vias) são dotados de atributos de buffer de distância, tempo ou custo de deslocamento para avaliar a acessibilidade em relação aos diferentes meios de transporte. As medidas topológicas são obtidas a partir de um grafo e a ligações entre os nós (pontos). As medidas gravitacionais utilizam-se dos mesmos tipos de medidas adicionadas da intensidade da acessibilidade, ou seja, a frequência dos deslocamentos entre origem-destino. As medidas de oportunidade acumulada quantificam acessibilidade em relação às oportunidades (empregos, equipamentos públicos), segundo o tempo ou segundo a distância.

Segundo Constantinou (2007, p.18)

nestes modelos urbanos a abstração do sistema real é realizada através de desagregações espaciais em diferentes níveis, representadas por elementos – pontos e linhas ou linhas e linhas – de acordo com os objetivos e escalas de análise de cada modelo.

Os principais modelos para avaliar a acessibilidade são dos tipos: atributos de rede (mede a conectividade), quantidade de viagens (probabilidades e custos de viagens), oferta do sistema de transporte (frequência e área abrangida por sistema de transporte) e combinados de transporte e uso do solo com dados agregados e desagregados (modelos de acessibilidade e de oportunidades).

A sintaxe espacial, desenvolvida por Hillier e Hanson (1984), incorporam as relações topológicas do espaço e analisam, a partir do método da axialidade, as relações de acessibilidade à rede viária por meio da integração do sistema. O mapa axial é uma ferramenta que abstrai o sistema real por meio da representação das ruas como linhas e suas respectivas conexões.

De acordo com Hillier & Stutz⁸ a sintaxe espacial “é uma maneira de pesquisar cidades para entender como processos econômicos e sociais as formam através do tempo”, ou seja, um meio de ver a cidade como um sistema auto-organizador.

⁸ Hillier, B. & Stutz, C. (2010) New Methods of Space Syntax. Disponível em: <http://www.rudi.net/books/6057>

“O aspecto mais conhecido da sintaxe espacial é provavelmente seu conjunto de métodos para analisar os padrões de espaço – ou configuração espacial – no ambiente construído. [...] um número desses métodos tem sido usados com sucesso por algum tempo, incluindo a *análise axial* (para análise de redes de ruas e passeios) e *análise de grafo de visibilidade* ou VGA (para análise de padrões de campos visuais no espaço público).” (HILLIER, B., STUTZ, 2010)

A configuração espacial é a relação entre os objetos e o vazio entre os mesmos. O sistema configuracional é o conjunto desses vazios (espaços públicos) com as barreiras (sistema edificado) e sua forma é resultado de como essas barreiras são dispostas de modo a modificar o movimento de pessoas. O *conjunto dos vazios* é o meio por onde as categorias sociais se relacionam.

Esse sistema tem escalas distintas de análise: a dimensão local, dos moradores entre si (centrada na convexidade), e a dimensão global, dos moradores e estranhos (centrada na axialidade). Os espaços convexos são de domínio local, pois são formados pela interface imediata entre o sistema edificado e o espaço público (controle visual dos moradores). Já o sistema axial permite uma avaliação mais global (moradores e estranhos) de como se estrutura o sistema como um todo e como se organizam suas partes. A estrutura global é fruto de ações locais e não de um desenho individual, ela surge de leis espaciais independentes do indivíduo (Hillier e Hanson, 1984, p.36).

Algumas ferramentas que possibilitam a abstração da estrutura urbana para simplificação das análises são os grafos, os mapas convexos, os mapas axiais, os mapas de constituição etc. e suas interpretações quantitativas.

A integração é uma medida global de grande importância para a análise dos sistemas espaciais, pois indica a possibilidade de movimento. A construção da integração se dá pela centralidade (cheios e vazios), extensão, contiguidade e linearidade.

Outras medidas importantes da sintaxe espacial são a profundidade (passos topológicos na malha), a continuidade (linhas que se cruzam com ângulo próximo a 180° aumentam a continuidade sem carregar a integração consigo), a conectividade (quantas linhas axiais cruzam pela linha em questão), a deformidade da malha (com menos deformação há uma maior visibilidade por

parte do transeunte, já com uma maior deformação a linha axial pode chegar ao nível do espaço convexo – ex. favela), a inteligibilidade (correlação existente entre a conectividade: local, e a integração: global) e mede o entendimento da malha pelo indivíduo, ou seja, para manter uma inteligibilidade alta devem-se conectar mais as linhas mais conectadas e menos as mais segregadas.

Segundo Constantinou (2007), os estudos baseados na análise sintática são rigorosos na caracterização da formação dos espaços, porém negligenciam fatores relacionados ao uso do solo e à ocupação das parcelas urbanas. Sob este aspecto, o modelo de centralidade de Krafta introduz os estoques construídos e as atividades urbanas carregando a rede urbana com o uso do solo.

Krafta (1994, p.5) define o conceito de centralidade como “uma propriedade dos espaços públicos que consiste na capacidade de se localizar nos caminhos mais curtos entre todos os pares de porções de forma construída dentro de um determinado sistema urbano”, ou seja, as ligações das rotas possíveis da malha terão em seus caminhos mínimos os espaços públicos de maior centralidade. Já em 1996, Krafta propõe outro modelo, o de oportunidade espacial, que agrega um diferencial direcional ao modelo de centralidade, carregando os pontos de oferta e demanda.

As tipologias funcionais de Constantinou (2007), utilizadas neste trabalho com o intuito de melhorar a qualidade do modelo espacial do bairro, são um conjunto de tipos de edificação que engloba, além do seu uso (residencial, serviço, institucional...), a idéia de estoques construídos (menos de 5 pavimentos, mais de 5 pavimentos, edificação isolada no lote...). Esta escala de classificação contém 11 categorias e foi desenvolvida de acordo com os tipos observados no bairro durante um século (1900-2000).

Acredita-se que a aplicação dessas tipologias na construção de um modelo urbano, qualificam a análise, detalhando melhor o perfil construído de um bairro.

2.3.2 Modelos de evolução urbana

Esse estudo parte de conceitos multidisciplinares, que defendem a idéia de que decisões tomadas a nível local geram consequências a nível global, e, por isso, as correlações entre as medidas de desempenho urbano não podem ser interpretadas separadas do todo, mas devem ser sempre vistas através de suas correlações. Com isso, o modelo aqui proposto tenta combinar variáveis socioeconômicas com medidas de transformação configuracional, para buscar uma maneira de medir o grau de mudança de uma vizinhança através do tempo.

Atualmente, as ferramentas mais utilizadas na busca desse tipo de correlação de variáveis entre espaço e relações humanas são os modelos computacionais de evolução urbana. Modelos desse tipo podem ser baseados somente na dinâmica social, conceitos de economia urbana, políticas de uso do solo, sistemas de transporte, fluxos de energia, entre outros. E o modo mais utilizado para representar as correlações desses índices tem sido o Geoprocessamento através de mapas de gradientes e animações de simulação. A modelagem através de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) têm sido usada para estabelecer relações entre tráfego e uso do solo, níveis de urbanização, transformação da paisagem, entre outros. Sendo uma ferramenta em pleno estágio de expansão, ainda apresenta limitações na representação de certos tipos de análise, como, por exemplo, as desenvolvidas por alguns modelos de evolução.

O geoprocessamento é um ambiente digital no qual a simulação para estudos empíricos é amplamente utilizada, pois é capaz ilustrar gradientes de variáveis em mapas precisamente representativos da superfície da Terra.

Outros tipo de simulação surgiram da necessidade de entender a evolução, cooperação e competição entre espécies e forças naturais e não necessitavam ligação à uma área específica do globo e tratam o ecossistema mais abstratamente. Alguns processos ecológicos, como a competição entre espécies e regras de crescimento, foram incorporados em celulares autômatos para melhor simular os impactos do crescimento da população no meio-ambiente.

A incorporação de teorias ecológicas em modelagem urbana proporcionou aos planejadores, gerenciadores, ecologistas urbanos e outros, a oportunidade de testar políticas públicas diferentes e avaliar as mudanças forma e função tanto da cidade quanto do ecossistema.” (BERLING-WOLFF, WU, 2004, p.125).

Outras teorias vêm se desenvolvendo para aperfeiçoar a simulação e representação dos ecossistemas urbanos, tais como: *o estudo de fractais; energética ecológica*⁹, que afirma que as mudanças evolutivas na forma urbana dependem fortemente tanto do fluxo de energia exógeno ao sistema quanto do comportamento interno auto-organizador, e ainda tenta entender a dinâmica de fluxos e como isso afeta a evolução de zoneamento hierárquico; *teoria da lógica difusa* (fuzzy-logic), que lida com a incerteza no planejamento; *teoria das redes neurais artificiais* (neural network), que proporcionam ao modelo a capacidade de aprender com o ações passadas. Todos os resultados que elas geram são representáveis em um ambiente celular autômato e sistemas de informação geográfica, muitas vezes utilizando-se dessas duas tecnologias em conjunto, gerando modelos iterativos que ilustrem a evolução urbana.

Outros estudos buscaram avaliar a resiliência de recortes urbanos e áreas de expansão urbana em locais de risco, mas não quantificaram o dano, tornando difícil a tomada de decisão por parte dos planejadores. (VERGANO e NUNES, 2007; CALLAGHAN e COLTON, 2007)

Considerando uma tentativa de entender a dinâmica urbana, que se traduz em modelos representáveis em ambiente georreferenciado e que possa simular diferentes cenários de futuro, o caminho traçado até o momento tem sido a partir de celular autômato. Mas a cidade não tem uma forma regular, e os componentes de seu sistema, e seus agentes, têm formas, tamanhos, pesos e dinâmicas diferenciadas. Por isso julga-se mais apropriada a tentativa de usar o sistema de informação geográfica em vetores.

O desenvolvimento de modelos vetoriais de evolução urbana não são usados em larga escala, pois a complexidade do processamento dos dados demanda, ainda hoje, uma grande capacidade computacional. Além disso, a

⁹ Segundo Berling-Wolff e Wu (2004), a energética ecológica afirma que a existência e manutenção de uma região urbana depende do fluxo de bens e serviços para dentro da cidade, para fora da cidade, e intra-cidade.

montagem de um banco de dados para esse tipo de teste estatístico demanda muito tempo e atenção.

2.4 Banco de dados

O uso de bancos de dados no planejamento urbano não é recente. No item 2.1, sobre indicadores, toda uma gama de indicadores, variáveis e exemplos de uso de dados estatísticos foi explicitada. Entretanto, muitas pesquisas que utilizam softwares de análises estatísticas desenvolvem suas análises a partir do uso de entrevistas, onde a coerência de respostas especifica o indivíduo. Em razão disso, o enfoque desses softwares é, geralmente, para esse tipo de teste.

A anonimidade dos dados do IBGE impossibilita a utilização de testes onde o indivíduo é identificado, pois o modo de coleta de dados preza pela privacidade do cidadão. Portanto, torna-se impossível desagregar os dados de maneira a encontrar cada resposta de cada chefe de família, o que acarretaria em identificar o cidadão e sua moradia e, finalmente, saber quem ele é; o que é considerado invasão da privacidade. Por isso, os dados colhidos pelo IBGE são utilizados em sua forma de desagregação máxima: o setor censitário.

O banco de dados das tipologias funcionais, usado neste estudo, caracteriza-se pela desagregação na escala do lote. As tipologias funcionais utilizadas foram criadas por Constantinou (2007) com o objetivo de classificar diferentes categorias de edificação e uso de solo.

No modelo de Constantinou (2007) as matrizes seguem um processo markoviano de simulação, usando sempre uma relação condicional entre as diferentes tipologias e suas vizinhanças imediatas.

Por sua vez, no modelo utilizado neste estudo o objetivo é a identificação de padrões de ocupação verificáveis através de dados empíricos, sem utilizar as cadeias de Markov. A falta de dados passados do perfil socioeconômico também impossibilita a verificação da série temporal dos dados do IBGE como sendo um processo markoviano.

2.4.1 Estatística

O objetivo principal de testes descritivos na exploração dos dados é proporcionar um melhor conhecimento sobre os mesmos, antes de montar modelos mais complexos.

Os tipos de variáveis condicionam o tipo de teste a ser utilizado. No caso deste estudo, trabalha-se com variáveis de escala ordinal e de razão (intervalares). Segundo Babbie (2005), “a associação entre duas variáveis quaisquer pode ser representada por uma matriz de dados produzida pelas distribuições de frequências conjuntas das duas variáveis.” Por vezes, ainda, têm-se variáveis qualitativas, o que impossibilita o uso de muitos testes de correlação disponíveis para análise multivariadas de dados, como é caso do banco de dados das tipologias funcionais desse trabalho.

Tentar tirar conclusões sobre o comportamento de uma população é um motivo para realizar testes, mas antes de descobrir qual o padrão de mudança de uma população, precisa-se saber se as variáveis escolhidas para determinar tal comportamento são adequadas.

“Uma das regras de ouro do delineamento correlacional é não se poder inferir causalidade a partir de uma correlação.” (DANCEY e REIDY, 2006, p.32) Portanto, o teste de Pearson servirá para observar se a hipótese de pesquisa H1, de que as variáveis são dependentes, é verdadeira.

O Coeficiente de Correlação de Pearson mostra o grau de relacionamento entre duas variáveis e o teste chi-quadrado demonstra a dependência entre variáveis, comparando os valores observados com os valores esperados, para confirmar ou rejeitar H0. Para rejeitar H0 o Coeficiente de Pearson tem que ser inferior a 0,05, o que prova a dependência entre as variáveis com um grau de confiabilidade superior a 95%. Esse teste serve para demonstrar o quanto as variáveis socioeconômicas são correlacionadas entre si, ou seja, o quanto uma explica a outra.

Segundo Statsoft (2010), há várias medidas de relação não paramétricas baseadas em ranking de similaridade entre variáveis: a *análise fatorial* utilizada para detectar estrutura nas relações entre as variáveis, a *regressão múltipla*

permite a acessar a relação entre uma variável dependente e um grupo de variáveis independentes, a *análise de múltipla correspondência* é útil na exploração das relações entre um grupo de variáveis categóricas e a *correlação canônica* é um procedimento adicional para acessar relacionamento entre grupos de variáveis.

A correlação canônica é um procedimento adicional para avaliar o relacionamento entre variáveis. Especificamente, essa análise permite a investigação da relação entre dois grupos de variáveis. [...] um sociólogo pode querer investigar a relação entre dois preditores de mobilidade social baseado em entrevistas, com a mobilidade atual subsequente medida por quatro diferentes indicadores. Um pesquisador médico pode querer estudar a relação de vários fatores de risco para o desenvolvimento de um conjunto de sintomas. Em todos esses casos, o pesquisador está interessado na relação entre dois conjuntos de variáveis e correlação canônica seria o método de análise adequado. (Statsoft, 2010, s.p.)

2.4.2 Modelo de Análise Canônica

A Correlação Canônica foi utilizada nesta pesquisa por ser o único teste multivariado a relacionar variáveis independentes simultaneamente à múltiplas variáveis dependentes.

A regressão múltipla é capaz de lidar com uma única variável dependente. A análise multivariada de variância pode ser usada, mas somente se todas as variáveis independentes fossem não-métricas, o que não é o caso neste estudo.

A correlação canônica representa a única técnica disponível para examinar a relação com múltiplas variáveis dependentes. Usando a análise de correlação canônica, é possível criar uma medida composta [...] ao invés de computar uma equação de regressão separada para cada uma. O resultado da aplicação da correlação canônica é uma medida de força da relação entre dois conjuntos de múltiplas variáveis (variáveis estatísticas canônicas).” (Hair Jr et al, 2009, p.2-3)

2.5 Diretrizes para o trabalho

Os principais pontos teóricos que influenciaram na escolha dos processos metodológicos deste trabalho foram indicadores sociais e urbanos,

modelos configuracionais urbanos iterativos e processos estatísticos que utilizam bancos de dados.

Os indicadores sociais mencionados na revisão teórica são utilizados na prática para aumentar o entendimento dos governos em relação às populações em questão. O IDH, IDP e MEG, englobam vários aspectos da sociedade em uma escala macro. Eles são índices usados repetidamente por governos pois apreendem simplificada e contextos chaves das características socioeconômicas de uma população, portanto consolidados com a vantagem do fato de contemplarem variáveis que também são de apreensão urbana: como renda, escolaridade, desemprego e questões de gênero. Apesar de estes índices serem em uma escala macro, eles levantam dados importantes para a montagem de indicadores sociais. Neste trabalho, as variáveis utilizadas buscam uma caracterização da população, mas na escala intra-urbana, tratando de analisar os padrões de ocupação e as relações entre as variáveis em um processo mais detalhado.

Os indicadores urbanos, como o do UN-Habitat, englobam uma gama mais ampla de variáveis que são úteis para uma avaliação de desempenho urbano, mas também apresentam fragilidades, as mesmas encontradas na maioria dos modelos que tentam unir dados quantitativos a qualitativos, como, por exemplo, a parcialidade na categorização das variáveis e a subjetividade de valor agregada aos resultados.

Uma metodologia integrada consolidada de avaliação desse tipo ainda não existe, o que revela a necessidade da produção de mais estudos nesse sentido. Esse trabalho propõe-se a estudar uma ferramenta de análise objetiva, que auxilie o pesquisador a classificar as variáveis de maneira endógena ao modelo, ou seja, pesar as relações entre variáveis internamente ao modelo de correlação.

Os indicadores são estáticos, um recorte de quando os dados foram levantados e analisados, mas no momento em que se pode estudar vários desses recortes, é possível observar tendências de evolução e tirar conclusões sobre o funcionamento desse local. A partir dessa constatação, entram os modelos de evolução urbana no âmbito dessa pesquisa.

Modelos de evolução urbana são usados para ajudar os responsáveis pela produção e manejo do solo urbano a antever, com algum nível de certeza, o que poderá ocorrer em um local no futuro pelo simples fato do tempo passar ou a partir de alguma intervenção externa e suas conseqüências. Geralmente usam recortes temporais para calibrar os modelos probabilísticos e aferir conclusões com maior precisão.

Os modelos configuracionais têm a capacidade de avaliar o desempenho urbano em várias escalas, e a utilização de algumas medidas já consolidadas também anuncia uma integração maior e a criação de modelos mais complexos no futuro.

Os métodos utilizados para acessar essas correlações só são possíveis a partir do elo da configuração urbana, pois a população e o agrupamento de usos do solo são ligados pelo local e fazem sentido dentro dele.

As técnicas de visualização através de dados georreferenciados vetoriais proporcionam uma ilustração simplificada de variáveis de vários tipos e podem, no futuro, servir de base para a integração de um modelo que correlacione as variáveis socioeconômicas, tipologias funcionais e medidas de desempenho.

A idéia original do trabalho de aproximar-se de um índice de resiliência, avaliando os estágios do sistema através da correlação dos dados socioeconômicos e das tipologias funcionais, utilizando uma medida de complexidade para avaliar estágios do sistema, foi prejudicado pela inexistência de dados temporais suficientes. Para conseguir montar esse índice com o mínimo de intervenção exógena de dados, mais casos devem ser adicionados e uma matriz de série temporal gerada para poder testar o modelo preditivo.

Os processos de análise para o recorte foram descritivos e de correlação, em virtude da inexistência, no IBGE, dos dados necessários para o alcance deste objetivo. Entretanto, as análises de correlação desenvolvidas revelaram o grande potencial desse tipo de análise na minimização de processos exógenos ao se tratar dos pesos das correlações de variáveis.

A estatística é usada em todas as ferramentas supracitadas de modo a conseguir acessar os objetivos de cada pesquisa. No caso deste trabalho, foram utilizadas para correlacionar dados de natureza distinta, de modo a agregar variáveis em modelos de evolução, buscando um melhor entendimento dos processos urbanos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta os procedimentos desenvolvidos para a coleta e a análise dos dados deste estudo, com o objetivo de complementar os resultados obtidos no estudo de Constantinou (2007), de modo a demonstrar a associação existente entre os padrões de uso do solo (no caso, através das tipologias funcionais) e o perfil populacional de um local e sua evolução no tempo, espacializando-as em um mapa.

O estudo utilizou testes paramétricos¹⁰, e não causais, pois buscou verificar se há relação entre as variáveis analisadas para, no futuro, poder montar uma série temporal longa deste perfil socioeconômico e condicioná-la às transformações de vizinhança, possibilitando a extrapolação temporal do processo de auto-organização, não só no perfil das tipologias funcionais, mas também no perfil socioeconômico.

A idéia inicial seria utilizar um software de Data-mining¹¹ para a identificação de padrões de ação e tendências evolutivas dos bancos de dados, mas a dificuldade em encontrar pessoas que trabalhem com esse tipo de teste impossibilitou a pesquisa. A versão mais recente do software SPSS (versão 18), utilizado para a montagem dos primeiros banco de dados, possui um mecanismo de data-mining, mas o lançamento dessa ferramenta (25/06/2010),

¹⁰ “Os testes de hipóteses se dividem em paramétricos e não-paramétricos. Os paramétricos são aqueles que utilizam os parâmetros da distribuição, ou uma estimativa destes, para o cálculo da sua estatística. [...] Já os não paramétricos utilizam, para o cálculo de sua estatística, postos atribuídos aos dados ordenados e são livres da distribuição de probabilidades do dados estudados. (REIS, G. M., RIBEIRO Jr, J.I., 2007, p.1)

¹¹ Data-mining – ou mineração de dados – é um método utilizado para o reconhecimento de padrões de ação em sistemas com grande quantidade de dados diferentes. Um de seus usos mais comuns é no traçado de perfil de consumidores e sua aplicação vem se diversificando na última década. O termo é freqüentemente aplicado a dois tipos distintos de processos: “descoberta de conhecimento” e predição. A “descoberta de conhecimento” fornece informação explícita sobre as características dos dados coletados, usando variadas técnicas, como a mineração de regras de associação. Já a previsão e modelagem preditiva de eventos futuros e processos podem variar de processos transparentes, como as aproximações baseadas em regras, aos escondidos, como as redes neurais (FAYYAD, 1996).

não foi compatível com o tempo e com os recursos disponíveis para o término dessa pesquisa. Portanto, os testes descritivos produziram-se no SPSS 17, verificando-se a associação entre as variáveis disponíveis, quantificando a intensidade dessa associação e apontando indícios de possíveis padrões de transformação de tipologias funcionais e população.

As variáveis desse trabalho foram divididas em dois grupos, como já citado: o socioeconômico e o das tipologias funcionais. Cada grupo tem múltiplas variáveis ligadas entre si, através de sua área, no mapa dos Grupos de Análise (Figura 4), formada através da reordenação dos Setores Censitários correspondentes do Censo de 1991 e 2000. Como a área no mapa é a única forma de ligar esses dados, as variáveis foram recodificadas depois dos testes descritivos preliminares, de modo a serem classificáveis pela área e relacionadas entre si.

Para verificar as associações entre as variáveis estudadas, foi utilizado o teste chi-quadrado, juntamente com diagramas de frequência para visualização simplificada dos dados, diagramas de dispersão e tabelas de cruzamento para a associação entre as variáveis, e mapas dos recortes temporais para ilustrar as características do recorte urbano em questão. Mapas temáticos¹² das variáveis foram organizados para melhor ilustrar os Grupos e seu estado no tempo.

O critério de inclusão das variáveis contidas no modelo em análise neste estudo foi o da disponibilidade dos dados oferecidos pela principal fonte de consulta: o IBGE. Foram utilizadas 4 variáveis: renda familiar, nível de escolaridade, densidade por habitação e faixa etária.

Após os testes preliminares de associação de usos e variáveis socioeconômicas (renda, densidade por habitação, escolaridade e faixa etária), os Grupos foram classificados por um critério de distribuição de tipologias funcionais, com o objetivo de ilustrar sua evolução. Em anexo, encontram-se todas as tabelas, de todos os Grupos de Análise.

¹² Mapas temáticos são mapas que ilustram um tema específico, neste trabalho eles ilustram a as frequências de ocorrência das variáveis.

A partir desses testes, foi feita uma regressão linear múltipla para descobrir os níveis de correlação entre as variáveis, o que gerou mais um conjunto de banco de dados.

Entretanto, foram encontrados dois problemas no uso deste teste. Um problema corresponde à diferença no número de casos entre as variáveis, pois as variáveis foram levantadas ora com o número de chefes de família e ora por população total dos setores. O outro, refere-se à diferença de natureza entre as variáveis.

Mesmo sabendo que é possível realizar uma análise de regressão múltipla entre variáveis de natureza distinta, seria necessário que a variável de natureza nominal fosse dicotomizada, o que não corresponderia aos propósitos do estudo.

Assim, como esse banco sofreu com a incompatibilidade entre dados de naturezas escalar (IBGE) e nominal (tipologias) para o teste de regressão múltipla, fez-se necessário o uso de um teste que permitisse a correlação entre grupos de variáveis de natureza distinta: a Análise de Correlação Canônica.

O modelo do recorte urbano para a Análise de Correlação Canônica foi construído seguindo o roteiro proposto por Hair Jr et al (2009) e calculado com o software Statistica. Os passos do referido roteiro são: especificação dos objetivos da correlação canônica, desenvolvimento do plano de análise, avaliação das suposições inerentes à correlação canônica, estimação do modelo canônico e avaliação do ajuste geral do modelo, interpretação das variáveis estatísticas canônicas e, finalmente, validação do modelo.

Uma fragilidade na validação desse modelo é o tamanho da amostra. Stevens (1986, apud Statsoft, 2010) apresenta uma discussão aprofundada sobre tamanhos de amostra que devem ser usadas para obter resultados replicáveis. No caso deste trabalho, os dados englobam a totalidade da população da área em questão: isso anula problemas de significância relacionados a erro amostral.

Há uma enorme dificuldade em se conseguir dados para análise, especialmente em áreas de pesquisa pouco estudadas. Isso tende a gerar

estudos parciais, considerando que, pelo número de casos disponíveis, não se atinge a robustez desejada nos resultados. Por outro lado, pode-se apontar, com segurança, a direção para estudos posteriores.

O tamanho da amostra para um resultado confiável de forte correlação canônica pode ser obtido em uma amostra relativamente pequena.

Entretanto, se o objetivo for replicar o modelo em estudos futuros é necessário, Stevens (1986, apud Statsoft, 2010) recomenda, para um a primeira raiz canônica significativa, haver pelo menos 20 vezes mais casos do que variáveis na análise.

Para chegar a estimativas replicáveis para duas raízes canônicas, Barcikowski e Stevens (1975 apud Statsoft, 2010) recomenda, com base em um estudo de Monte Carlo, incluir 40 a 60 vezes mais casos do que variáveis.

Portanto, a análise de correlação canônica foi escolhida, por ser a única capaz de relacionar dois grupos de dados diferentes e resumidamente, possibilitando demonstrar a área total de estudo no corpo desse trabalho.

3.1 Estruturação do modelo de análise

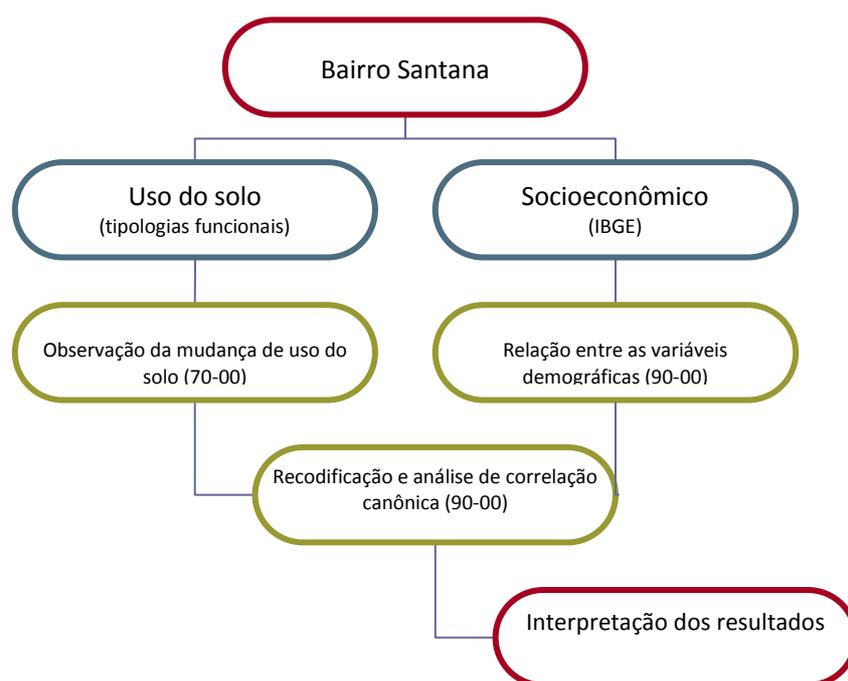


Figura 1 – Estruturação do modelo

4 ANÁLISE DO RECORTE URBANO

O Modelo proposto foi testado utilizando-se dados do bairro Santana da cidade de Porto Alegre – RS, por apresentar características configuracionais favoráveis a uma simulação de séries temporais, já que é uma vizinhança com lotes consolidados e apresenta mudanças em um nível de complexidade alto, como demonstrado por Constantinou (2007).

A disponibilidade de dados do uso do solo classificados nas tipologias funcionais de Constantinou em um recorte temporal amplo favoreceu a escolha desse local.



Figura 2 – Recorte da área de estudo – bairro Santana Porto Alegre
Fonte: Google Earth, 2010

A abstração do sistema espacial para a aplicação dos testes foi elaborada de modo a utilizar a configuração dos lotes em uma base vetorial. Para compatibilizar a escala de análise, os lotes foram agrupados por setor censitário, e montados no Software Arcgis, que monta os grafos onde adicionamos os atributos das variáveis.

O setor censitário é a unidade base de análise e o recorte urbano desse trabalho contém 19 grupos. Esses 19 grupos foram analisados de acordo com 5 variáveis (4 oriundas dos dados do IBGE, mais a de Constantinou): tipologias funcionais, densidade por habitação, escolaridade, renda familiar e faixa etária.

A base de dados das tipologias funcionais é formado por 806 lotes separados nos 19 grupos de análise. O levantamento de dados montado por Constantinou foi utilizado como base para o banco de dados de uso, assim como os dados do IBGE foram utilizados para o banco de dados das variáveis socioeconômicas. É importante explicitar que, tanto o IBGE quanto Constantinou, possuem poucos dados inconsistentes, o que não compromete o resultado final das análises, mas afeta a afirmação de que a população total está representada. A compatibilização dos dados e montagem da base utilizada no trabalho é endereçada no item 4.1

A Figura 3 mostra que as incongruências do IBGE em relação aos dados de uma mesma década. Na coluna Lotes os valores entre parênteses significam os lotes válidos, ou seja, a quantidade de lotes que contém informação tipológica no mapa. E nas colunas Chefes 90 e Chefes 00 os valores entre parênteses significam as diferenças na quantidade de Chefes de Família entrevistados para um mesmo Setor Censitário.

ID	Lotes 90/00	Chefes 90	Etária 90	Chefes 00	Etária 00
01	41	263	667	252	572
02	71	239 (203)	594	208 (198)	529
03	32 (31)	339	972	320	833
04	33 (32)	217 (211)	603	201 (200)	509
05	68	294 (274)	731	324 (292)	728
06	50	129 (122)	397	143 (122)	378
07	53	173	478	178	437
08	32	220	661	228	594
09	35	222 (221)	629	231 (230)	544
10	43	158 (157)	465	139 (137)	390
11	51	459	1293	446	1129
12	38	221	537	222	525
13	30	334	942	334	837
14	37	315 (314)	867	318	791
15	33	296	814	290 (289)	452
16	26 (24)	200 (199)	597	210	525
17	64 (63)	415 (413)	1375	377	1155
18	49	190	519	188	475
19	16	256 (255)	742	252	643

Figura 3 – Quantidade bruta de dados para cada setor

O mapa da Figura 4 explicita (em amarelo) o local exato de onde os dados de uso, ilustrados na Coluna Lotes da Figura 3, são inexistentes.

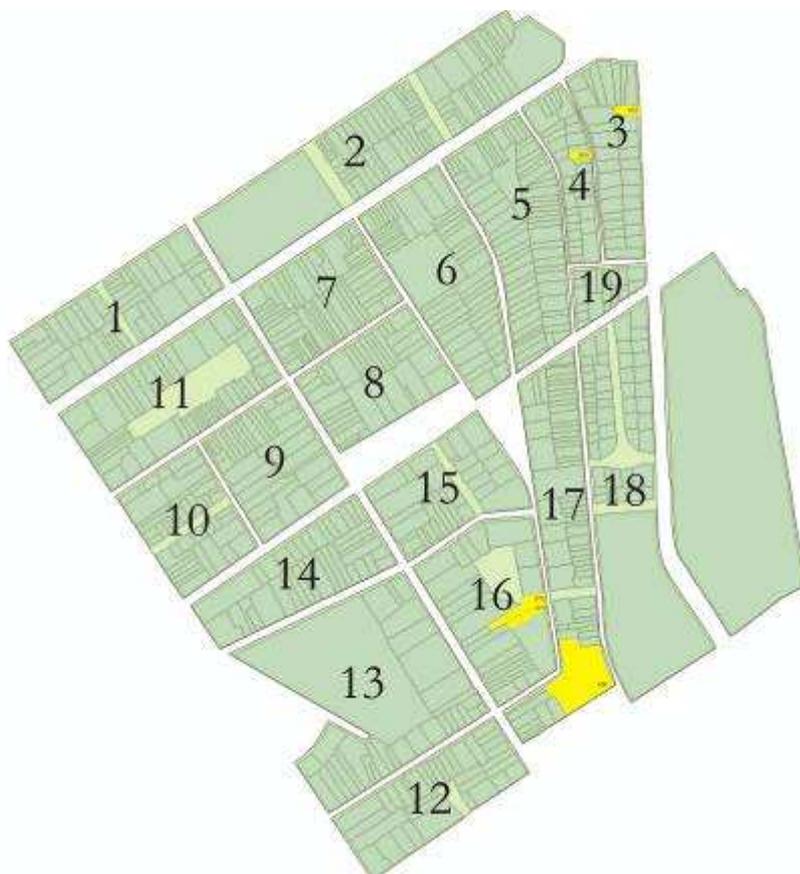


Figura 4 – Mapa dos grupos de análise da pesquisa

4.1 Montagem do banco de dados

Os dados das variáveis utilizados no trabalho foram agrupados em 19 Grupos, como ilustrado na Figura 4. As variáveis compiladas para a formação do banco de dados foram adquiridas a partir de dados previamente levantados por Constantinou (dados das tipologias funcionais na escala do lote) e pelo IBGE (variáveis socioeconômicas na escala do Setor Censitário).

O banco de dados das variáveis socioeconômicas foi gerado a partir da reconstrução dos mapas dos Setores Censitários de 1991 e de 2000. O recorte urbano ilustrado na Figura 2 foi usado como limite da área, portanto, para a compatibilização dos setores foi necessária consulta do levantamento original

do IBGE para encontrar os setores de casa Censo e sua localização precisa no mapa de Porto Alegre.

A obtenção dos Grupos de Análise foi feita primeiramente levantando os setores inseridos no recorte de Constantinou no mapa do Censo de 2000 e posteriormente reconstruindo o mapa de descrição dos Setores de 1991 (pois o mesmo inexistia) para, da mesma forma, obter os dados dos setores inseridos no mesmo recorte.

Após a reconstrução e sobreposição dos mapas dos Setores das duas datas, foi feita a compatibilização das áreas dos Setores, construindo os Grupos de Análise. Essa etapa constituiu-se em reunir em uma área ajustada (geralmente os Setores do Censo de 1991) dos setores subdivididos (geralmente no Censo de 2000) e isolados.

O banco de dados das tipologias funcionais foi formado pelo agrupamento dos lotes correspondentes à área de cada Grupo de Análise obtido pela compatibilização dos Setores Censitários.

A tabela de compatibilização dos dados (Figura 4a-g) mostra o que cada Grupo de Análise engloba, explicitando quais Setores Censitários de cada data (1991 e 2000) foram utilizados para formar as variáveis socioeconômicas e quais lotes do mapa do Arcgis (redesenhado a partir das Planilhas de Constantinou) foram usados para formar cada Grupo.

762	4	4	4	4	4	722	2	2	2	2	2	2	2	105	4	4	4	4	4	4
763	7	7	7	7	7	678	1	1	1	1	1	1	1	106	4	4	4	4	4	7
764	4	4	4	4	4	679	3	3	3	3	3	3	3	107	1	1	1	1	1	1
765	8	8	8	8	8	680	11	11	11	10	157/156	10	10	108	3	3	3	3	3	3
665	9	9	9	9	9	681	4	4	4	8	8	8	8	109	4	4	4	4	4	4
14	666	4	4	4	4	682	2	2	2	2	2	2	2	110	6	5	5	5	5	5
667	4	4	4	4	4	203	3	3	3	3	3	3	3	111	1	1	1	1	1	3
668	1	1	1	1	1	795	2	2	2	2	2	2	2	112	3	3	3	3	3	3
669	1	1	1	1	1	204	1	1	1	1	1	1	1	113	3	3	3	3	3	3
670	5	5	5	5	5	205	2	2	2	2	2	2	2	736	2	2	2	2	2	2
671	4	4	4	4	4	739	1	1	1	1	1	1	1	737	1	1	1	1	1	1
672	1	1	1	1	1	684	4	4	4	4	4	4	4	738	8	8	8	8	8	8
673	1	1	1	1	1	685	1	1	1	1	1	1	1	740	1	1	1	1	1	1
674	11	4	4	4	4	686	1	1	1	1	1	1	1	766	1	1	1	1	1	1
675	4	4	4	4	4	687	1	1	1	1	1	1	1	767	1	1	1	1	1	1
676	7	7	7	7	7	688	1	1	1	1	1	1	1	541	2	2	2	2	2	2
677	4	4	4	4	4	689	5	5	5	5	5	5	5	542	2	2	2	2	2	2
138	4	4	4	4	4	690	2	2	2	2	2	2	2	878						
139	4	4	4	4	4	726	11	8	8	8	8	8	8	879						
140	1	1	1	1	1	727	3	3	3	3	3	3	3	543	4	4	4	4	4	4
141	7	7	7	7	7	728	4	4	4	4	4	4	4	384	3	3	3	3	3	3
142	1	1	1	1	1	729	5	5	5	5	5	5	5	17	385	3	3	3	3	155/162
143	3	3	3	3	3	730	1	1	1	1	1	1	1	386	1	1	1	1	1	1
144	3	3	3	3	3	731	7	7	7	7	7	7	7	573	4	4	4	4	4	4
706	3	3	3	3	3	732	11	1	1	1	1	1	1	574	4	4	4	4	10	10
707	7	7	7	7	7	733	7	7	7	7	7	7	7	575	4	4	4	4	4	10
708	1	1	1	1	1	734	6	6	6	6	6	6	6	576	4	4	4	4	7	7
709	11	1	1	1	1	735	1	1	1	1	1	1	1	577	4	4	4	4	4	4
710	1	1	1	1	1	93	7	7	7	7	7	7	7	578	11	11	11	11	11	11
711	1	1	1	1	1	94	1	1	1	1	1	1	1	579	4	4	4	4	4	4
712	4	4	4	4	4	95	2	2	2	2	2	2	2	580	1	1	1	1	1	1
713	3	3	3	3	3	96	3	3	3	3	3	3	3	581	3	3	3	3	3	3
714	11	1	1	1	1	97	4	4	4	4	4	4	4	582	4	4	4	4	4	7
715	1	1	1	1	1	98	5	5	5	5	5	5	5	583	1	1	1	1	1	1
716	2	2	2	2	2	99	1	1	1	1	1	1	1	584	1	1	1	1	1	1
717	4	4	4	4	4	100	10	10	10	10	10	10	10	585	1	1	1	1	1	1
718	4	4	4	4	4	101	6	6	6	6	6	6	6	586	11	10	10	10	10	10
719	11	11	11	11	11	102	4	4	4	4	4	4	4							
720	4	4	4	4	4	103	10	10	10	10	10	10	10							
721	1	1	1	1	1	104	11	11	11	11	11	11	11							

Figura 4f – Planilha de compatibilização das áreas dos Grupos de Análise

4.2 Testes

Os dados da variável tipologia funcional, de Contantinou, das décadas de 1970, 1980, 1990 (CENSO 1991) e 2000, correspondem ao recorte temporal de maior complexidade do sistema. Estes dados deveriam ser pareados com os dados do IBGE do mesmo período, já que os Setores Censitários foram instituídos na década de 1960. Entretanto, devido a falta de dados do IBGE para o período completo, a série foi comprometida e os testes reconsiderados para a análise de somente dois recortes (1991 e 2000).

Através do cruzamento de dados entre as décadas da variável tipologia funcional, pode-se observar a tendência de mudança dos usos nessa fase do sistema. Posteriormente, já na escala do setor censitário, observando primeiramente as variáveis socioeconômicas (renda, escolaridade, densidade por habitação e faixa etária), verifica-se o grau de relação e colinearidade entre as mesmas.

Finalmente, um modelo de correlação canônica foi usado para acessar o grau de correlação entre os grupos de dados dos dois bancos (tipologia e IBGE).

4.2.1 Evolução do banco *tipologias funcionais*

As tipologias funcionais do recorte 1970-2000, reunidas nos grupos correspondentes, demonstram que as mudanças de tipologias seguem uma tendência de diversificação, ou seja, esse recorte urbano está mudando o seu perfil de predominantemente residencial para misto.

As tipologias foram agrupadas da seguinte forma: 1-7 foram consideradas como residenciais, pois como os dados do IBGE serão cruzados com os usos residenciais, mesmo que pertençam a uma tipologia mista, como a mista-unifamiliar (5) ou misto-multifamiliar (3), elas abrigam moradores; 8-10 foram agrupadas como serviço; e, a 11 seguiu como terreno vazio, já que não possui função.

Os 11 tipos são apresentados nas Figuras 21 a 24, conforme a década analisada.

A Figura 5, a seguir, demonstra o quanto, a partir da década de 1970, os usos do solo nos 19 Grupos se diversificam. Nessa tabela, os usos dos 11 tipos funcionais foram recodificados em 3 categorias (uso residencial estrito, uso misto, serviços) estritamente para facilitar a disponibilização dos Grupos de forma simplificada.

A forma escalar da classificação das tipologias, por sua vez, foi organizada juntando os Grupos em 5 faixas percentuais, a saber: 1) até 30%; 2) de 40% a 59%; 3) de 60 a 69%; 4) de 70 a 79%; 5) de 80 a 100%, conforme apresentado na Figura 5.

A transformação do uso do solo é claramente observada por um simples teste descritivo de frequências, que mostra a diversificação do uso através do tempo.

	até 30% r	40-60% r	60-70% r	70-80% r	80-100% r
2000	S02	S01 S13	S06 S07 S09 S16 S19	S05 S10 S11 S15 S17	S03 S04 S08 S12 S14 S18
1990		S01 S02	S06 S09 S13 S16	S05 S10 S11 S15 S17 S19	S03 S04 S08 S12 S14 S18
1980			S01 TB S13	S02 S06 S07 S09 S15 S16	S03 S04 S05 S08 S10 S11 S12 S14 S17 S18 S19
1970			S01 S09 S13	S02 S03 S06 S07 S08 S12 S16 S17	S04 S05 S10 S11 S14 S15 S18 S19

Figura 5 – Classificação dos Grupos de Análise por frequência de tipologia.

Os Grupos tem comportamento semelhante de mudança, sendo alguns mais voltados para os serviços, outros pro uso misto e outros pro predominantemente residencial. Isso pode ser visualizado claramente nos mapas das tipologias ilustrados nas Figuras 6 e 7.

Para cada teste são explicitadas as tabelas e mapas de 4 Grupos, escolhidos para ilustrar cada faixa percentual da Figura 5. o volume de dados e tabelas produzidos nesse trabalho impossibilita a explicitação de sua totalidade no corpo de texto da dissertação e por isso a classificação por faixas percentuais de uso do solo fez-se necessária, como uma maneira de agrupar Grupos com características semelhantes de modo a simplificar o processo.

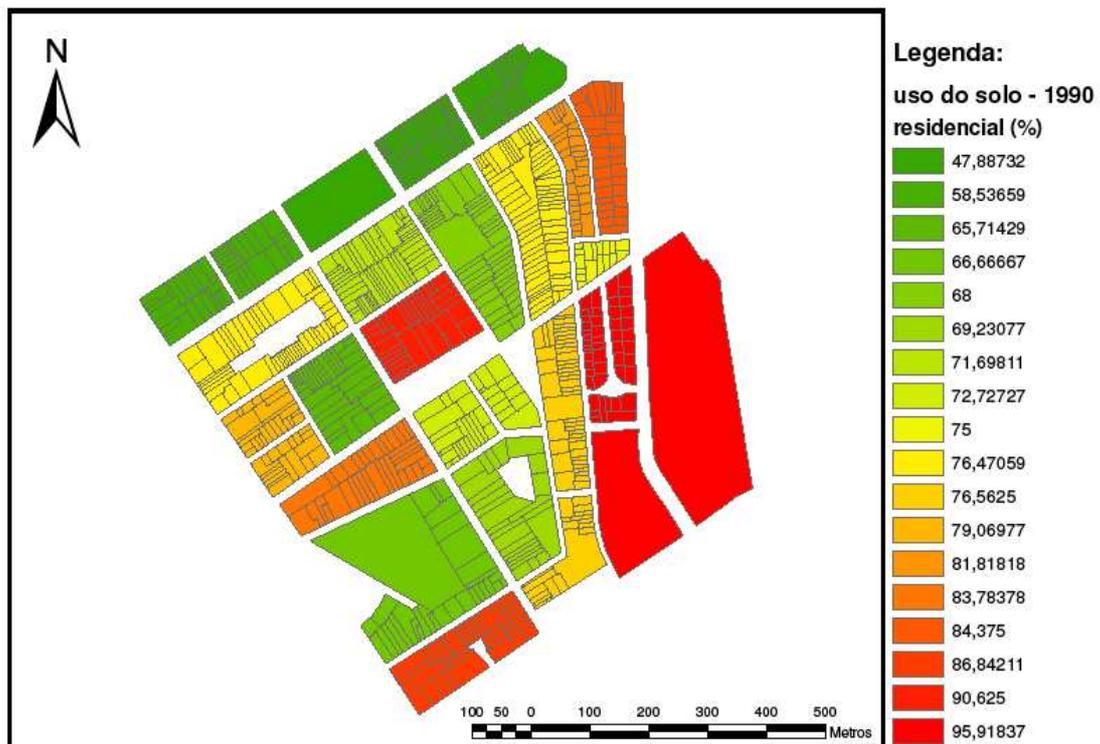


Figura 6 – Frequências de tipologia funcional residencial na década de 1990

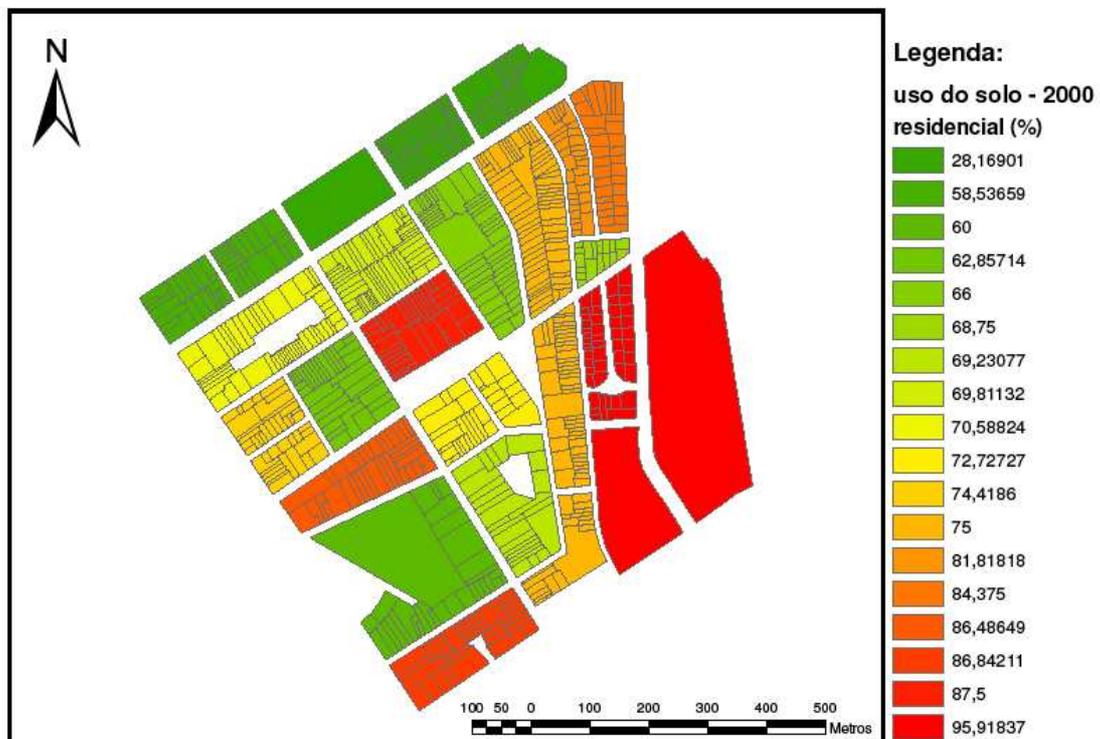


Figura 7 – Frequências de tipologia funcional residencial na década de 2000

Nas tabelas de cruzamento das décadas, no banco das tipologias funcionais, observa-se que as transformações ocorridas geralmente são do tipo Residência Unifamiliar para Serviço Isolado, Serviço Isolado para Serviço Prédio, Residência Multifamiliar para Misto Multifamiliar e Residência com menos de 5 pavimentos para Residência com mais de 5 pavimentos.

O Setor 01, como se pode ver nas Figuras 3, 4 e 5, é um dos poucos que já possui o caráter misto consolidado. Os Grupos 07, 10 e 18 exemplificam as outras categorias da Figura 5, demonstrando a mudança de uso e troca de categoria. A seguir (Figura 8 até Figura 20), observam-se as mudanças no recorte temporal de 1970 até 2000 para os Grupos escolhidos de cada faixa de uso (Grupo 01, Grupo 07, Grupo 10 e Grupo 18).

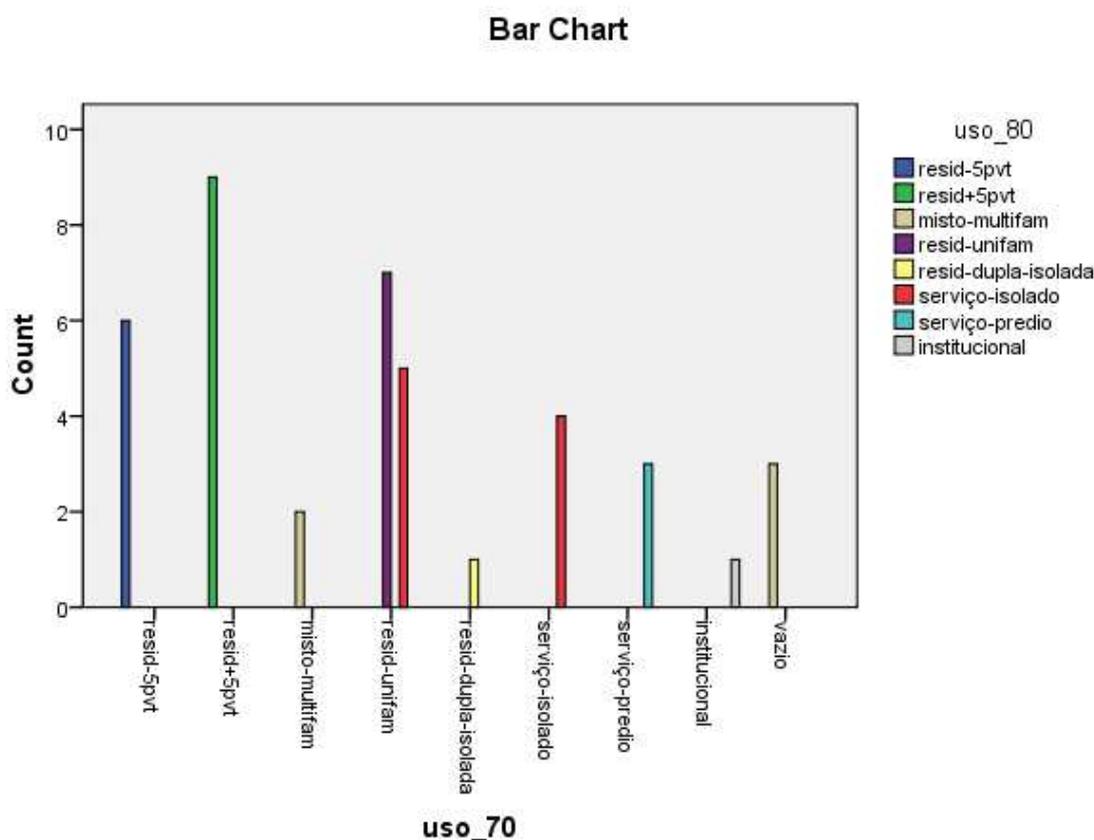


Figura 8 – Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre as décadas de 1970 e 1980 para o Setor 01

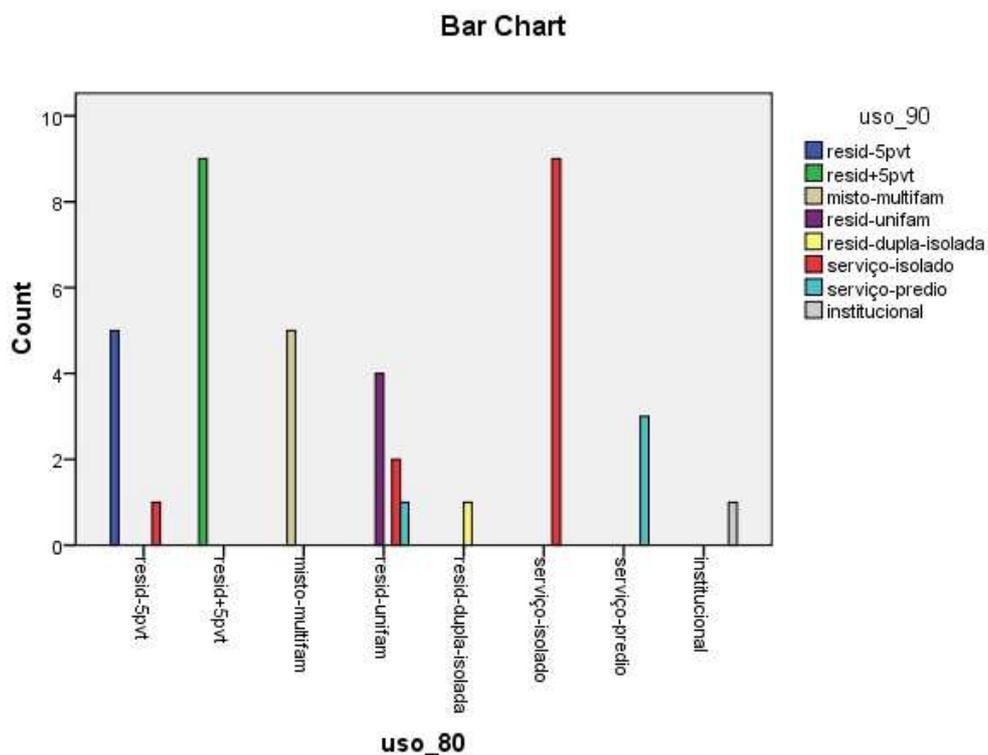


Figura 9 – Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre as décadas de 1980 e 1990 para o Setor 01

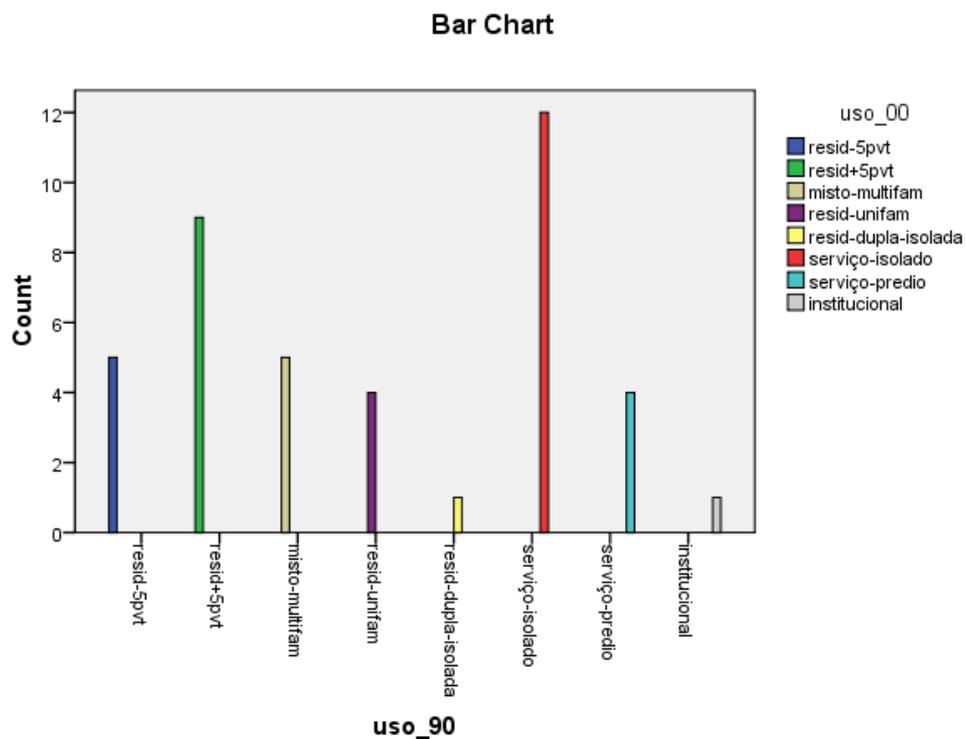


Figura 10 – Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre as décadas de 1990 e 2000 para o Setor 01

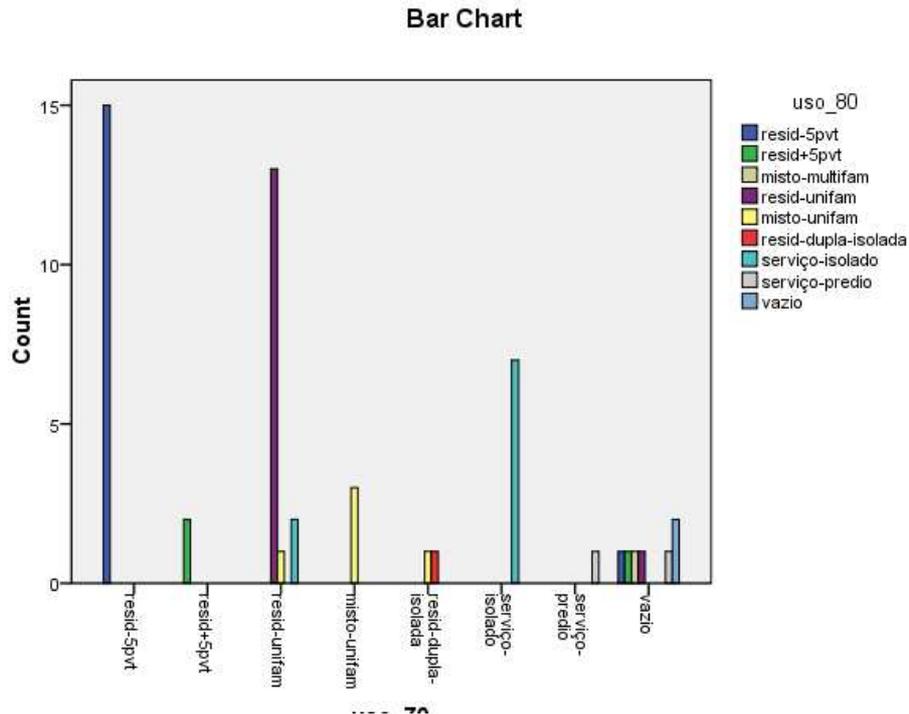


Figura 11 – Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre as décadas de 1970 e 1980 para o Setor 07

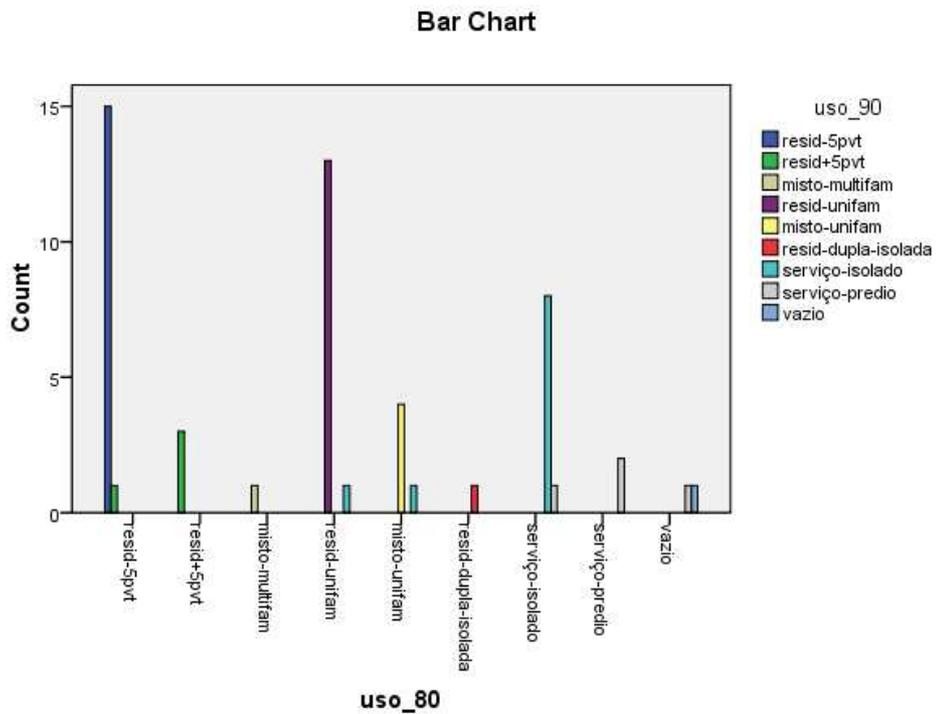


Figura 12 – Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre as décadas de 1980 e 1990 para o Setor 07

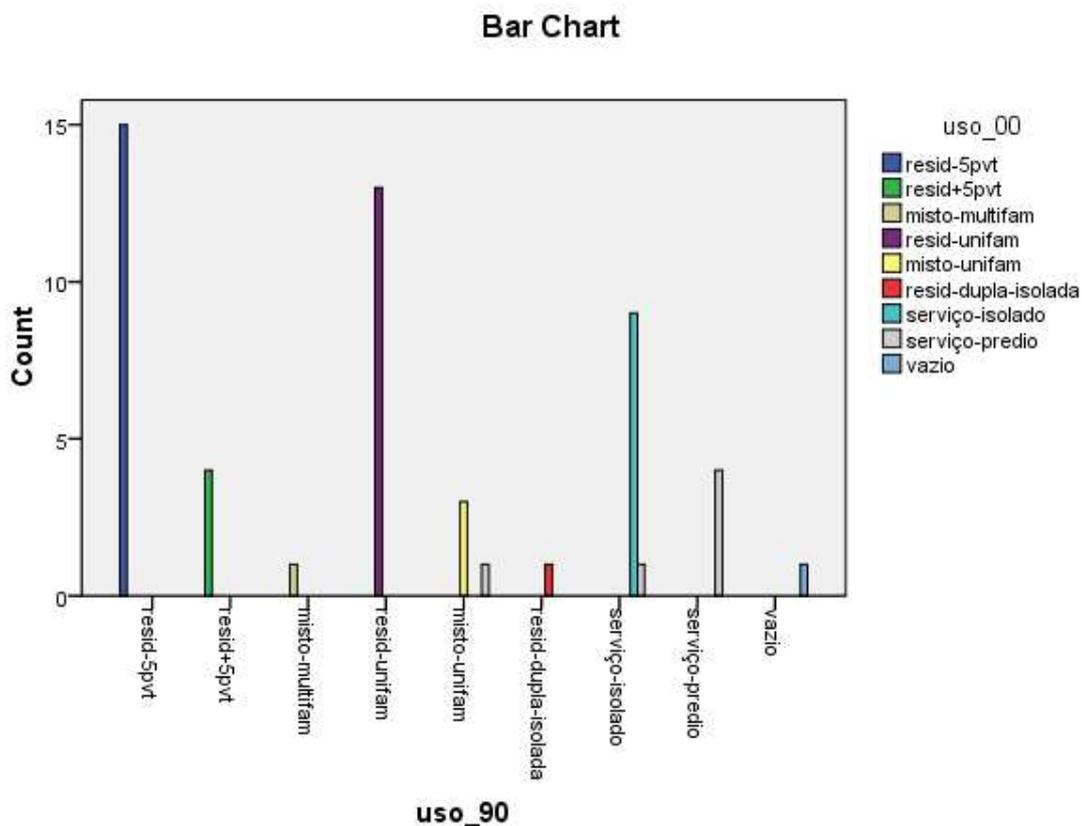


Figura 13 – Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre as décadas de 1990 e 2000 para o Setor 07

No Setor 07 nota-se um crescimento ainda na década de 1980, onde muitos lotes vazios transformaram-se em seu primeiro uso, e nas décadas subseqüentes as transformações também foram transferência de uso residencial para misto ou densificação. Esse tipo de transformação se repete em toda a área do recorte mostrando a forte tendência desse tipo de mudança.

Na Figura tabela de frequência e cruzamento das décadas a seguir se vê como a primeira mudança do lote (vazio para ocupado) é mais livre, embora sempre condicionada ao perfil da vizinhança.

		uso_80									
uso_70	resid-5pvt	resid-5pvt	resid+5pvt	misto-multifam	resid-unifam	misto-unifam	resid-dupla-isolada	serviço-isolado	serviço-predio	vazio	
Count	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
% within uso_70	100.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	
% within uso_80	93.8%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	
% of Total	28.3%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	
Count	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
% within uso_70	.0%	100.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	
% within uso_80	.0%	66.7%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	
% of Total	.0%	3.8%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	
Count	0	0	13	0	0	1	0	2	0	0	
% within uso_70	.0%	.0%	81.3%	.0%	.0%	6.3%	.0%	12.5%	.0%	.0%	
% within uso_80	.0%	.0%	92.9%	.0%	.0%	20.0%	.0%	22.2%	.0%	.0%	
% of Total	.0%	.0%	24.5%	.0%	.0%	1.9%	.0%	3.8%	.0%	.0%	
Count	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
% within uso_70	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	100.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	
% within uso_80	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	60.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	
% of Total	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	5.7%	.0%	.0%	.0%	.0%	
Count	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	
% within uso_70	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	50.0%	50.0%	.0%	.0%	.0%	
% within uso_80	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	20.0%	100.0%	.0%	.0%	.0%	
% of Total	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	1.9%	1.9%	.0%	.0%	.0%	
Count	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	
% within uso_70	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	100.0%	.0%	.0%	
% within uso_80	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	77.8%	.0%	.0%	
% of Total	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	13.2%	.0%	.0%	
Count	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
% within uso_70	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	100.0%	.0%	
% within uso_80	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	50.0%	.0%	
% of Total	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	.0%	1.9%	.0%	
Count	1	1	1	1	1	0	0	0	1	2	
% within uso_70	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	14.3%	.0%	.0%	.0%	14.3%	28.6%	
% within uso_80	6.3%	33.3%	7.1%	100.0%	7.1%	.0%	.0%	.0%	50.0%	100.0%	
% of Total	1.9%	1.9%	1.9%	1.9%	1.9%	.0%	.0%	.0%	1.9%	3.8%	
Count	16	3	14	1	14	5	1	9	2	2	
% within uso_70	30.2%	5.7%	26.4%	1.9%	26.4%	9.4%	1.9%	17.0%	3.8%	3.8%	
% within uso_80	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	
% of Total	30.2%	5.7%	26.4%	1.9%	26.4%	9.4%	1.9%	17.0%	3.8%	3.8%	

Figura 14 – Cruzamento dos dados de tipologias funcionais para o Setor 07 entre as décadas de 1970 e 1980

Na Figura 14 estão assinalados, em amarelo, os lotes que permaneceram iguais dentro do período em análise. Da década de 70 para a década de 80, somente 2 dos 7 lotes vazios permaneceram; os que sofreram transformação estão assinalados em verde. Os lotes em azul apontam o início da diversificação de residencial para misto e residencial para serviço, nesse Setor.

O Setor 10, exemplo da coluna classificada de 70% a 80% residencial, demonstra uma diversificação modesta durante o período do recorte. Essa área possui uma particularidade configuracional, o que facilita a permanência do uso residencial, pois possui um trecho de rua com pouco tráfego. Mesmo assim, alguns serviços e também um estacionamento foram implantados. O estacionamento também é um reflexo da importância que o automóvel tomou na vida das pessoas nos últimos tempos, aumentando a necessidade desse uso em áreas residenciais, que ainda não foram transformadas por pressão econômica.

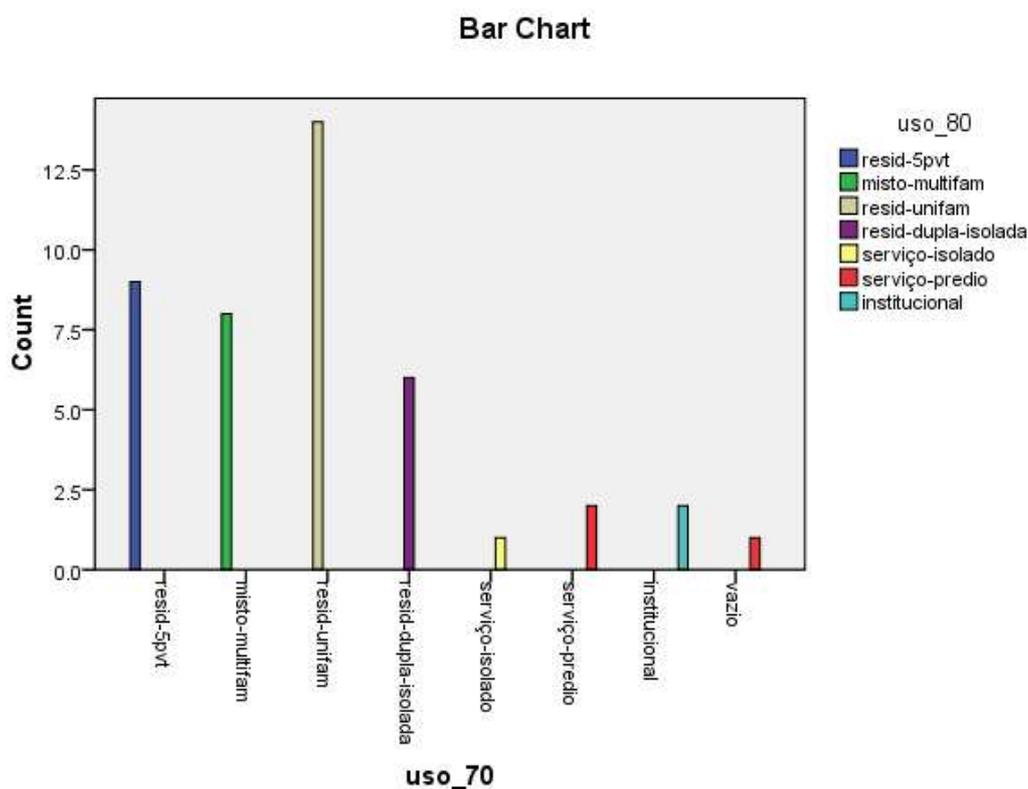


Figura 15 – Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre as décadas de 1970 e 1980 para o Setor 10

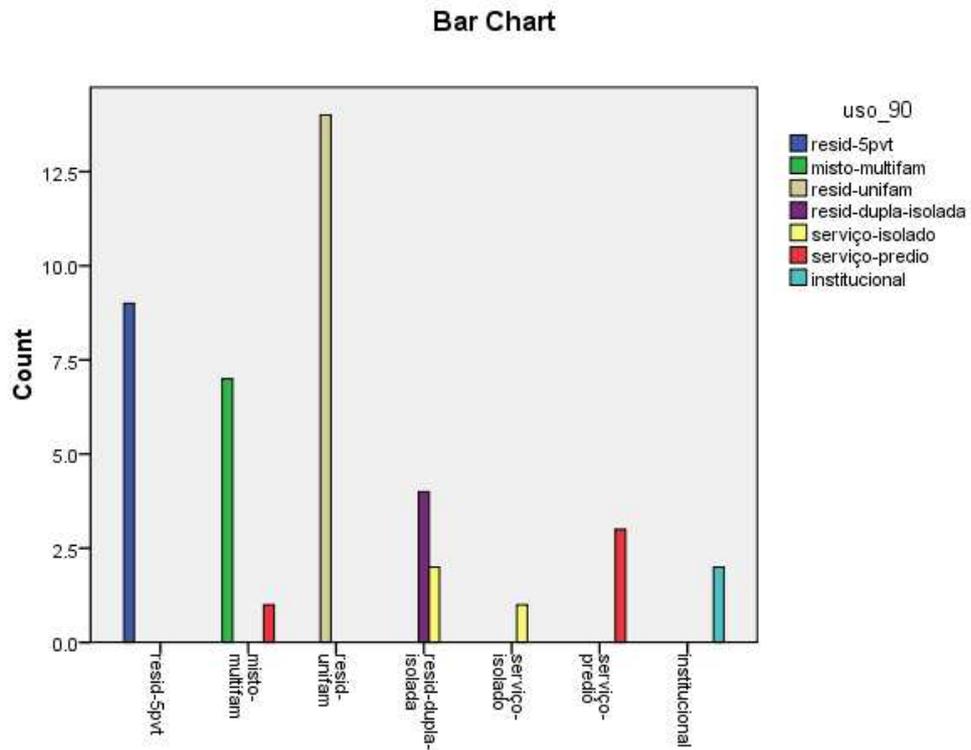


Figura 16 – Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre as décadas de 1980 e 1990 para o Setor 10

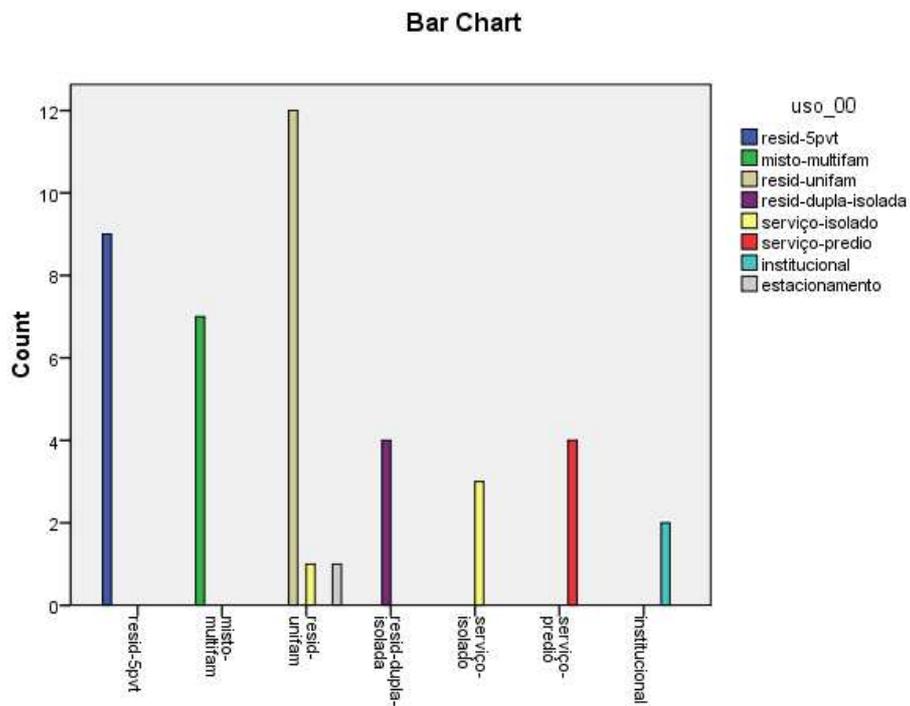


Figura 17 – Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre as décadas de 1990 e 2000 para o Setor 10

O Setor 18 é um dos que estão na faixa de 80% a 100% uso residencial, e também conta com ruas de pouco tráfego. A implantação desse setor foi de uma época, na qual, pequenos prédios residenciais eram predominantes, o que fez com que o conjunto se mantivesse mais ou menos intacto desde sua implantação, pois esse tipo funcional não é tão facilmente substituível, até por questões de custo. Aqui também se observa a implantação de estacionamento. E, além dos lotes de tipo residencial com menos de 5 pavimentos, o setor abriga lotes de tipologia institucional, que, em geral, não são substituídos tão facilmente.

Arrisca-se dizer que o aglomerado desse tipo funcional – vários edifícios residenciais em fita com menos de 5 pavimentos – será substituído, quando o perfil da vizinhança mudar mais drasticamente. Ou seja, quando a resiliência do sistema for superada e as regras mudarem (como, por exemplo, mais investimentos externos ou ampliação da zona institucional), poderá ocorrer uma transformação de uso e aumento de taxa de ocupação.

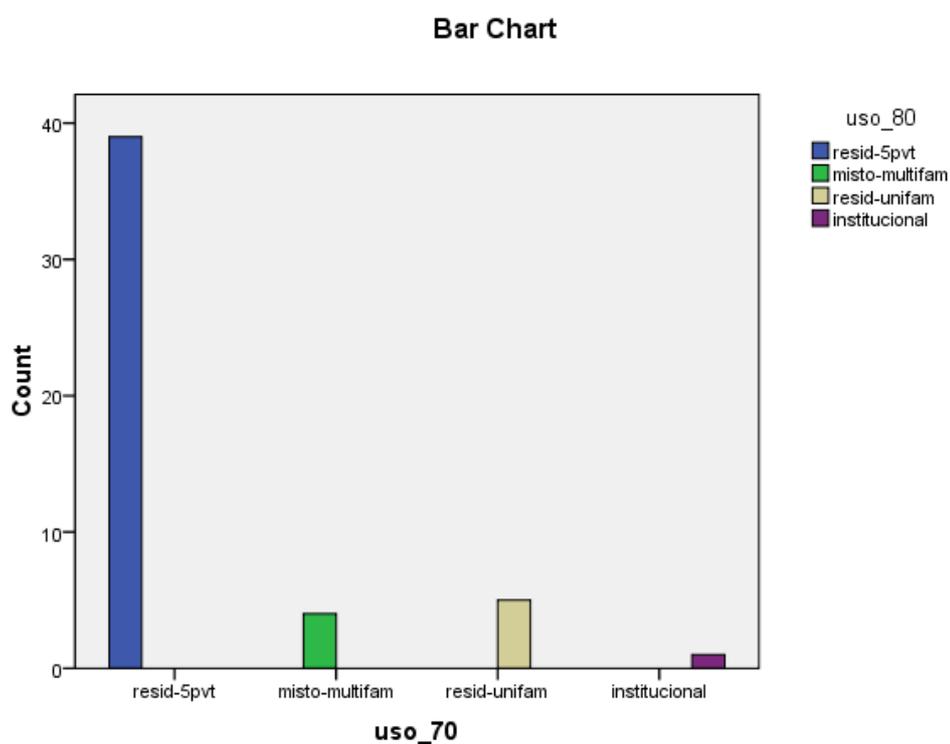


Figura 18 – Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre as décadas de 1970 e 1980 para o Setor 18

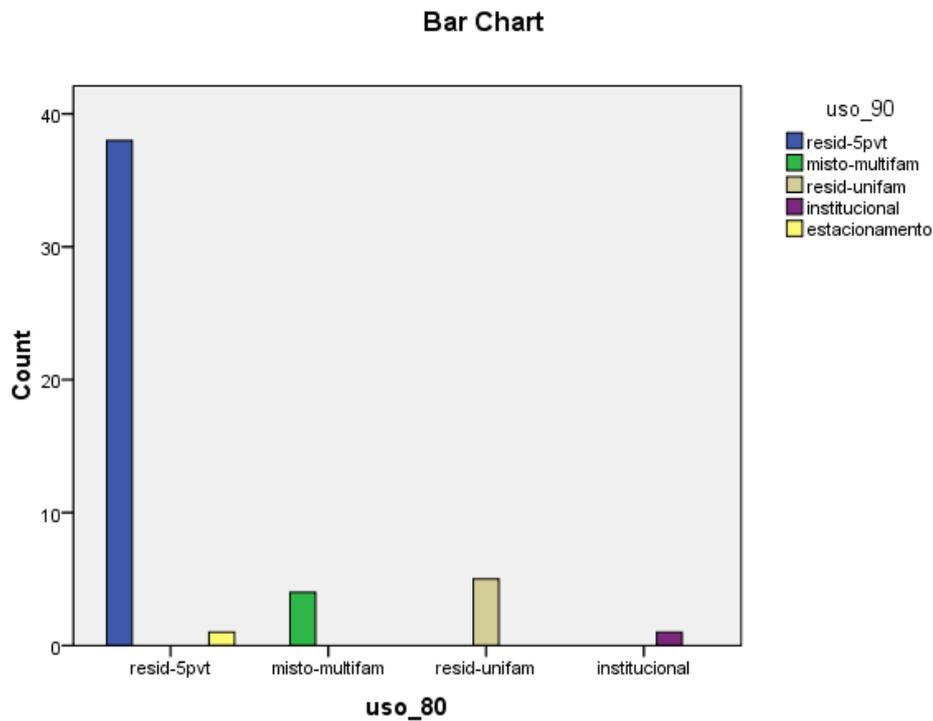


Figura 19 – Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre as décadas de 1980 e 1990 para o Setor 18

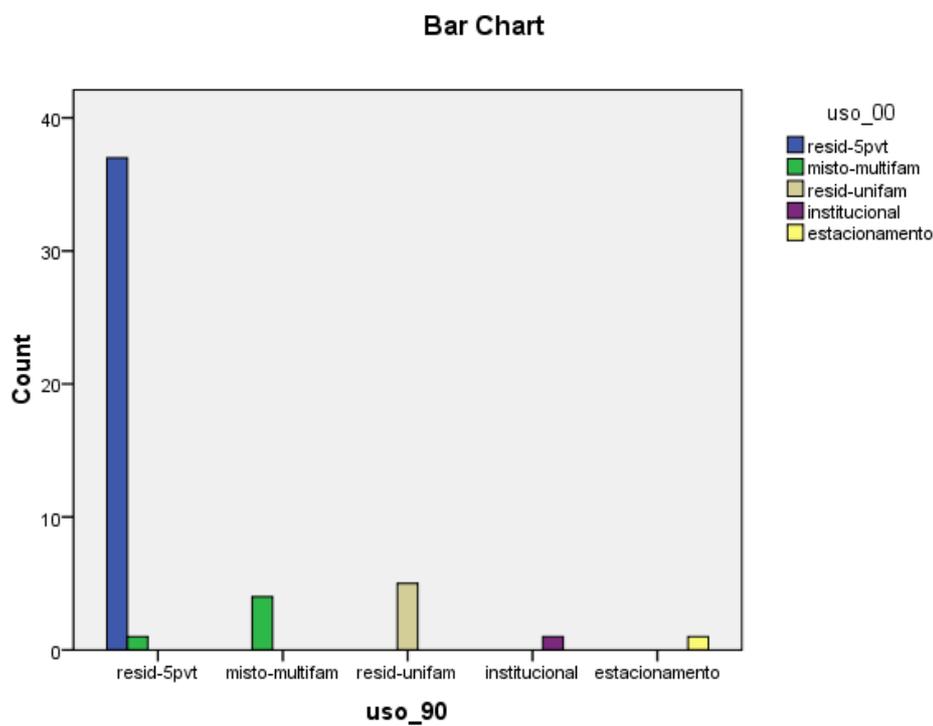


Figura 20 – Tabulação cruzada da mudança de tipologias entre as décadas de 1990 e 2000 para o Setor 18

Em uma visão geral da área do recorte, pode-se afirmar que a tendência é a da diversificação de usos. As transformações mais significativas entre todos os Grupos observados foram: a mudança de uso estritamente residencial para misto ou serviço e uma certa densificação tanto no uso estritamente residencial quanto no estritamente de serviço.

Nas Figuras 20 a 24, é interessante notar o *esfriamento* da visão geral dos Grupos através do tempo, especialmente nas áreas adjacentes aos acessos principais no recorte, já que as áreas residenciais estão representadas por cores quentes e as de serviço por cores frias. Na década de 1970 vê-se que há muito mais lotes estritamente residenciais e que, durante esses 40 anos, houve um aumento de lotes de uso misto e de serviços.

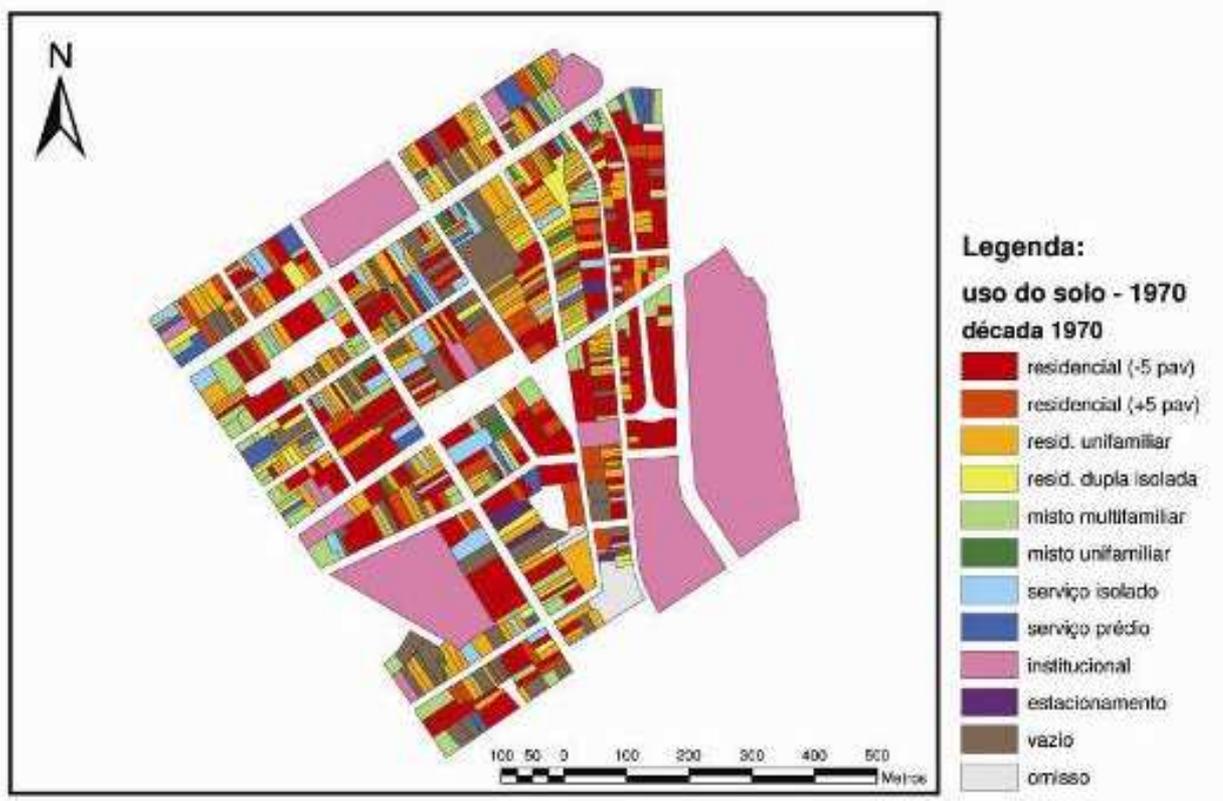


Figura 21 – Tipologias Funcionais na escala do lote – década de 1970



Figura 22 – Tipologias Funcionais na escala do lote – década de 1980

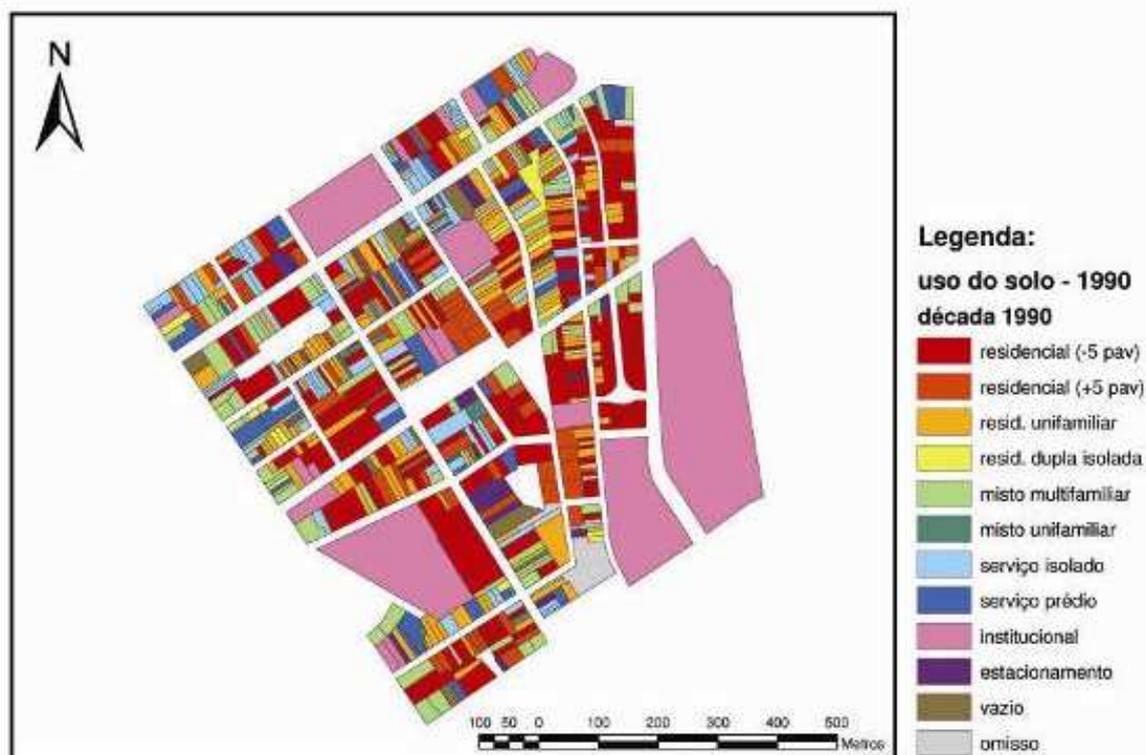


Figura 23 – Tipologias Funcionais na escala do lote – década de 1990

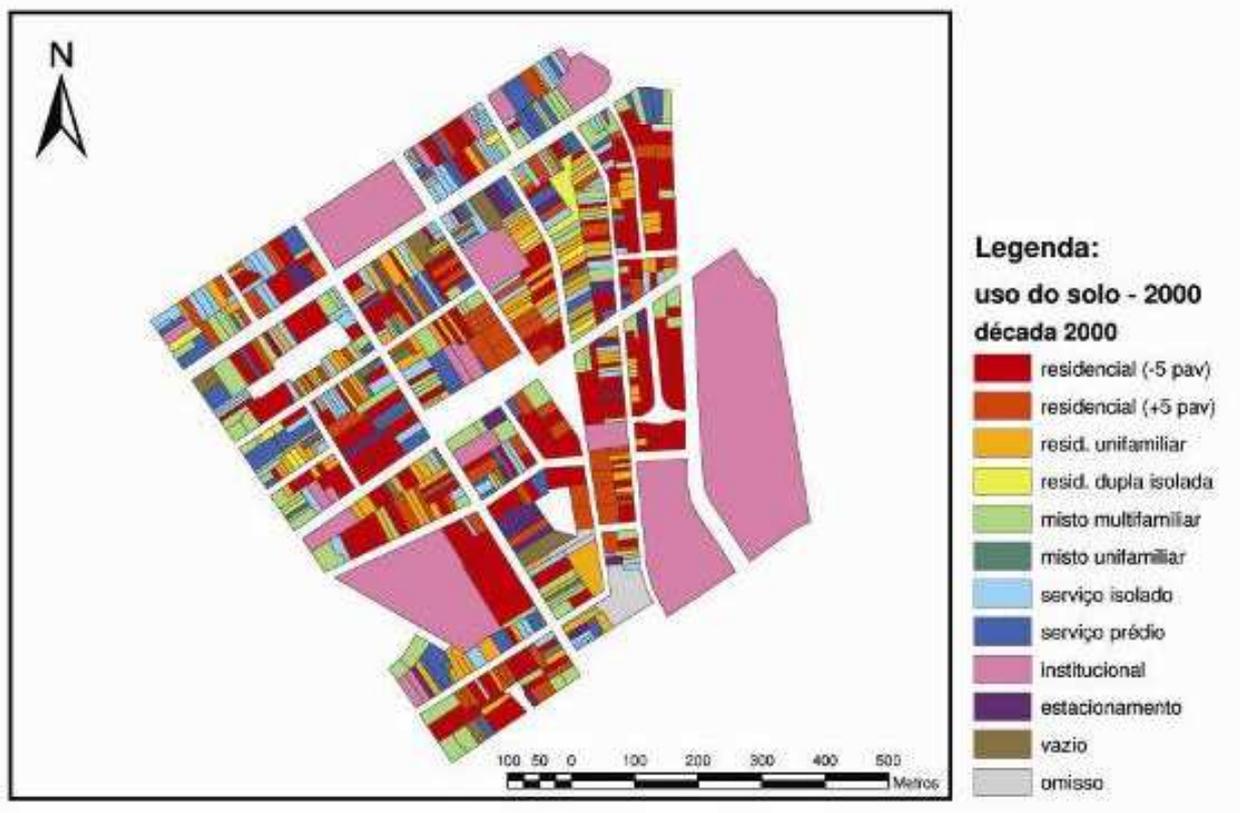


Figura 24 – Tipologias Funcionais na escala do lote – década de 2000

É importante salientar que há padrões de mudança de acordo com o agrupamento de tipologias combinados com a configuração da malha urbana. Isso se vê nos mapas das tipologias funcionais, mas em um modelo probabilístico como o de Constantinou (2004) também se observa que, como o bairro torna-se homogêneo em sua heterogeneidade, é difícil prever a mudança na escala do lote, pois a probabilidade de vários usos em vários lotes se iguala.

Para tentar resolver essa limitação do modelo, esse trabalho busca relacionar as tipologias funcionais a dados da população, de modo a agregar variáveis que ajudem a prever a mudança e desempatar a probabilidade.

4.2.2 Relação variáveis IBGE

A complementação do modelo com dados socioeconômicos foi primeiramente afetada pela falta de dados do recorte temporal. O IBGE deveria disponibilizar dados mapeáveis a partir da década de 1960, quando o Setor Censitário foi implementado, mas esses dados não existem mais. Portanto, o

trabalho foi desenvolvido com dados do período compreendido entre 1990 e 2000.

Como já relatado neste trabalho, a metodologia para obter a validação dos dados socioeconômicos como relacionáveis foi feita através de uma bateria de testes estatísticos descritivos e da Correlação de Pearson, para atestar que os dados têm relação entre si e podem formar um banco coerente.

Nos mapas temáticos a seguir (Figuras 25 a 32), nota-se uma homogeneidade nas médias das variáveis, dando a entender que a população do local tem um mesmo padrão social. Observa-se uma pequena transformação entre as décadas, o que não é ainda suficiente para comprovar uma tendência. Mas, no momento em que mais dados forem disponibilizados (por exemplo: os do Censo de 2010), talvez já se possa apontar com mais clareza alguma previsão de transformação.

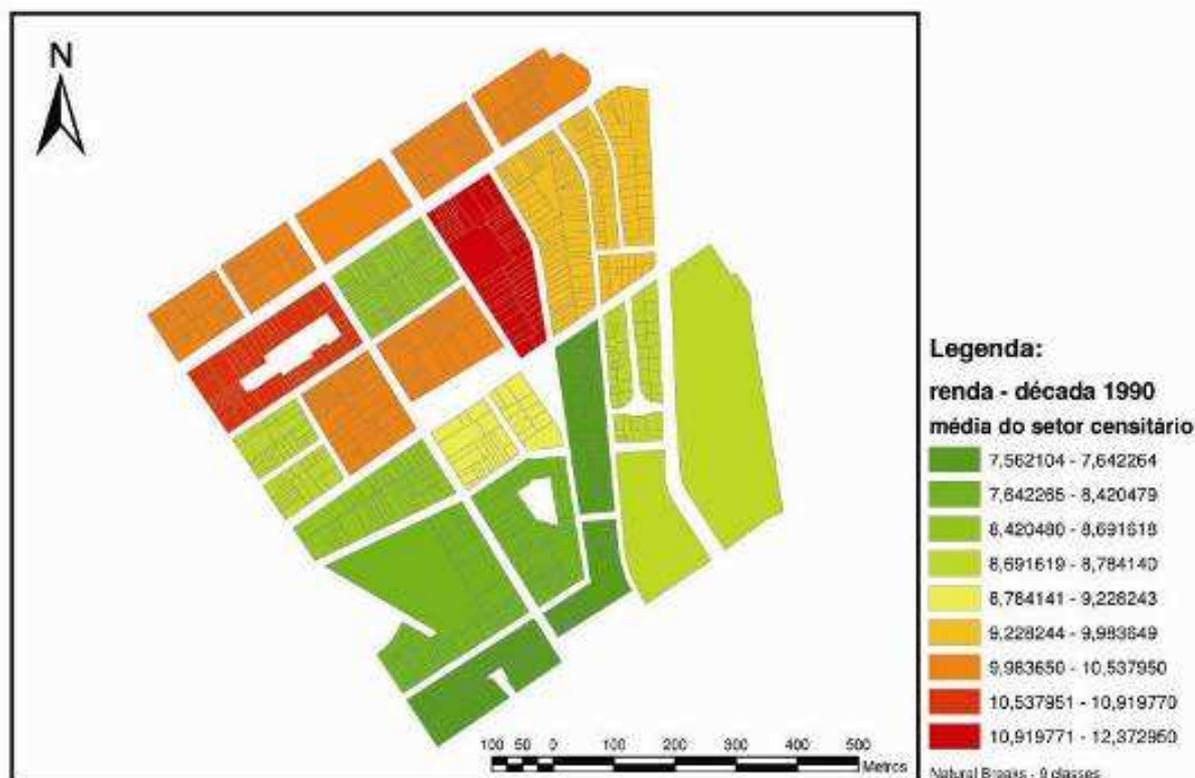


Figura 25 – Média de renda por setor – década de 1990

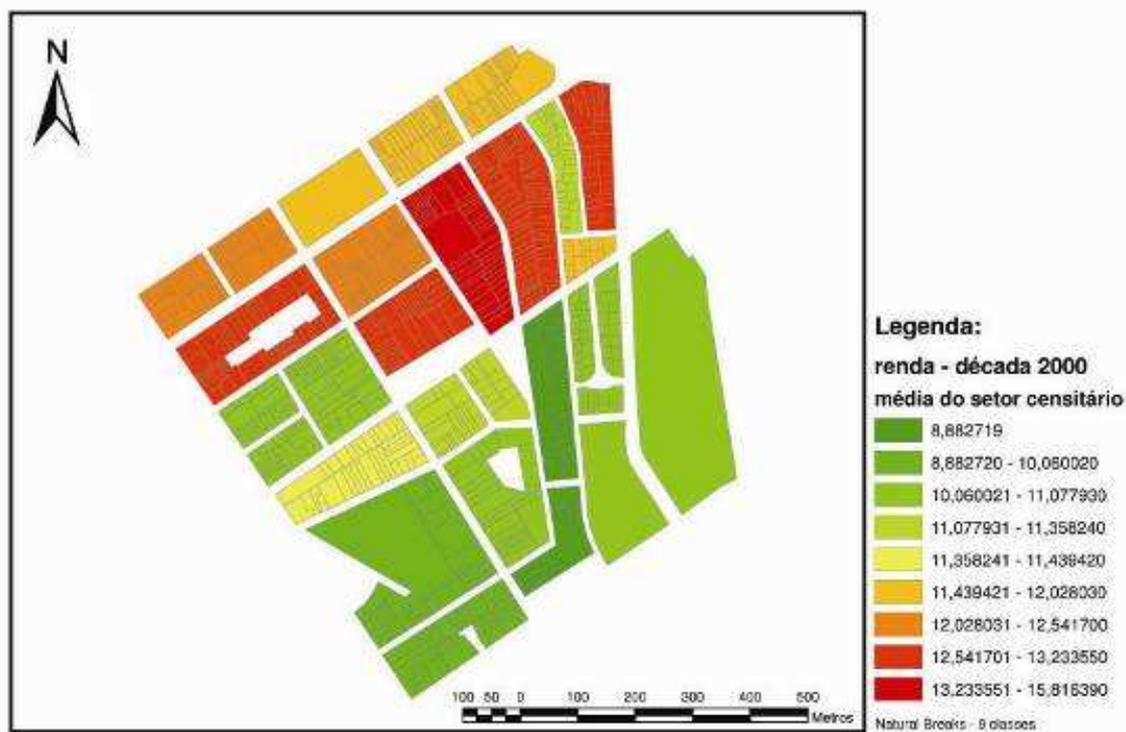


Figura 26 – Média de renda por setor – década de 2000



Figura 27 – Média de escolaridade por setor – década de 1990

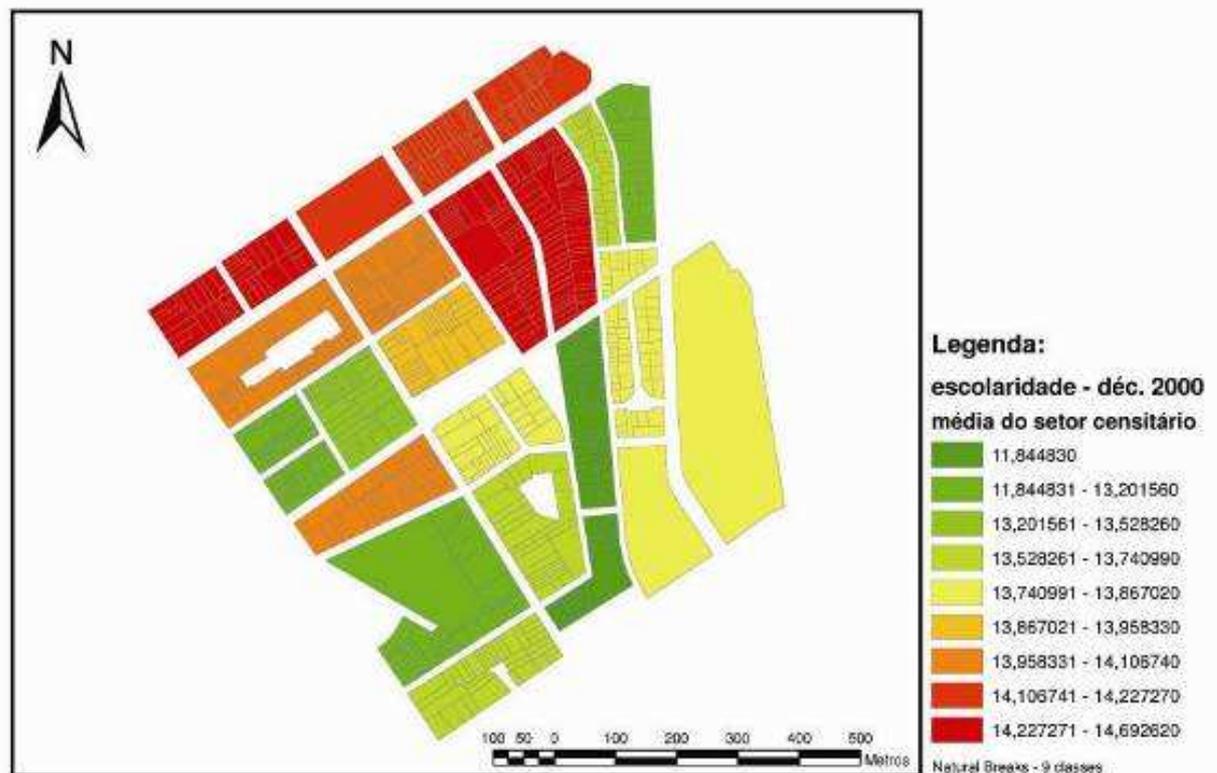


Figura 28 – Média de escolaridade por setor – década de 2000



Figura 29 – Média de densidade por habitação por setor – década de 1990



Figura 30 – Média de densidade por habitação por setor – década de 2000

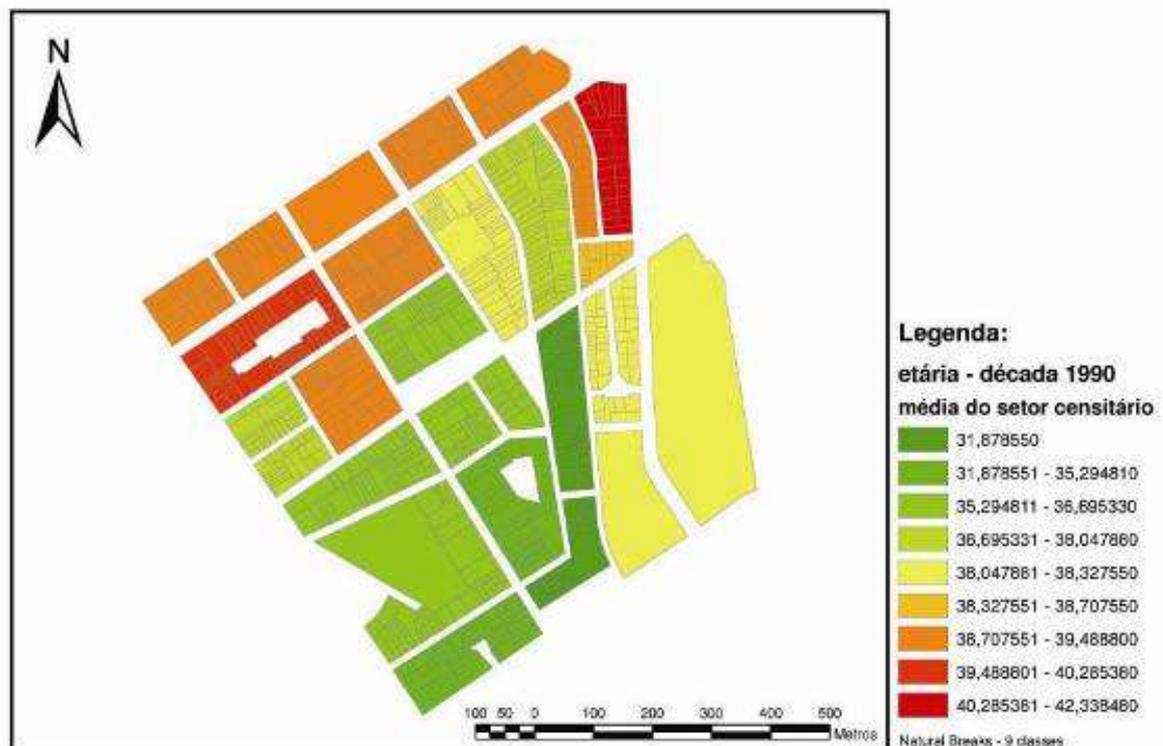


Figura 31 – Média de idade por setor – década de 1990

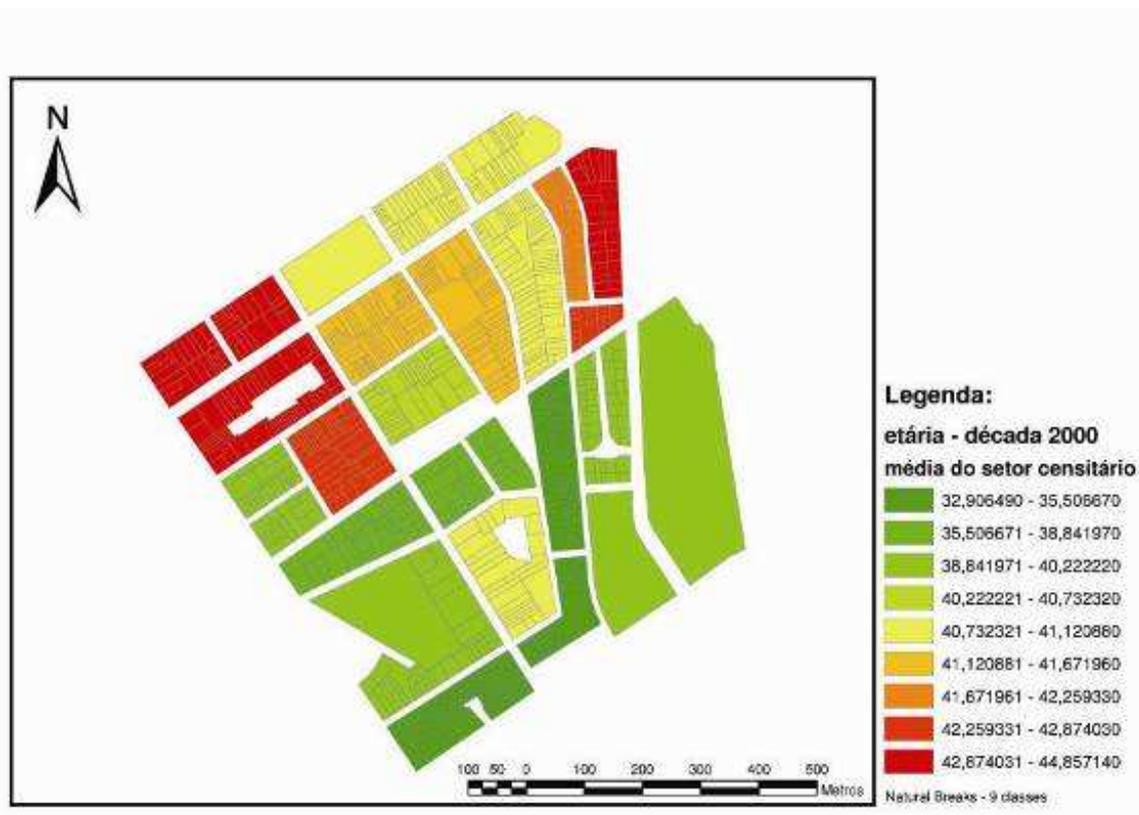


Figura 32 – Média de idade por setor – década de 2000

As médias dos dados, ilustradas acima, explicam um recorte urbano de população jovem, com bom poder aquisitivo, escolaridade alta e densidade de ocupação por habitação baixa.

O Setor 16 ilustra como a inserção de um prédio com mais de 5 pavimentos puxou a média da faixa etária do setor em mais de 5 anos, acompanhado de uma transformação de residências em estacionamentos que também ajudou a mudar o perfil do setor.

Observando os dados das Figuras 25 até 32, antes de sua codificação por médias, vê-se:

- Grupos com maior segregação: como os Grupos 10, 12 e 14, que apresentam uma população maior de baixa escolaridade e renda:
- Grupos com densidade por habitação bem elevada e percentual significativo de baixa renda: como o Setor 17, com 27.4% dos moradores recebendo de zero até dois salários;

- população mais idosa e Grupos mais homogêneos em todas as variáveis.

Os dados do recorte provaram que há relação entre as variáveis e que a colinearidade não afeta o resultado da análise final.

A seguir, passa-se a analisar os resultados da aplicação do Chi-Quadrado para os mesmos quatro Grupos ilustrados no item anterior. No Anexo deste estudo podem ser encontrados os resultados do teste de Chi-Quadrado, e freqüências, para todos os Grupos.

Pelas tabelas de frequência já se observa claramente que a densidade por habitação é uma variável inversamente proporcional à renda e escolaridade, ou seja, níveis mais altos de renda e escolaridade refletem uma densidade menor por habitação.

Em todos os Grupos o resultado do teste chi-quadrado da densidade por habitação com a renda e com a escolaridade foi válido, considerando as décadas dos dados do IBGE.

Os gráficos dessa sessão utilizam as categorias de respostas do IBGE. As frequências de escolaridade foram categorizadas por: 1) sem instrução; 2) 1 a 3 anos de estudo; 3) 4 a 7 anos de estudo; 4) 8 a 10 anos de estudo; 5) 11 a 14 anos de estudo; e 6) mais de 15 anos de estudo. E a renda foi categorizada da seguinte forma: 0) sem rendimento; 1) menos de meio salário; 2) meio a 1 salário; 3) mais de 1 até 2 salários; 4) mais de 2 até 3 salários; 5) mais de 3 até 5 salários; 6) mais de 5 até 10 salários; 7) mais de 10 até 15 salários; 8) mais de 15 até 20 salários; 9) mais de 20 salários; 10) omissos.

As tabelas de frequência do Setor 01 ilustram essa relação entre as variáveis, embora o teste Chi-Quadrado sirva para identificar a relação, e não para aferir direção causal.

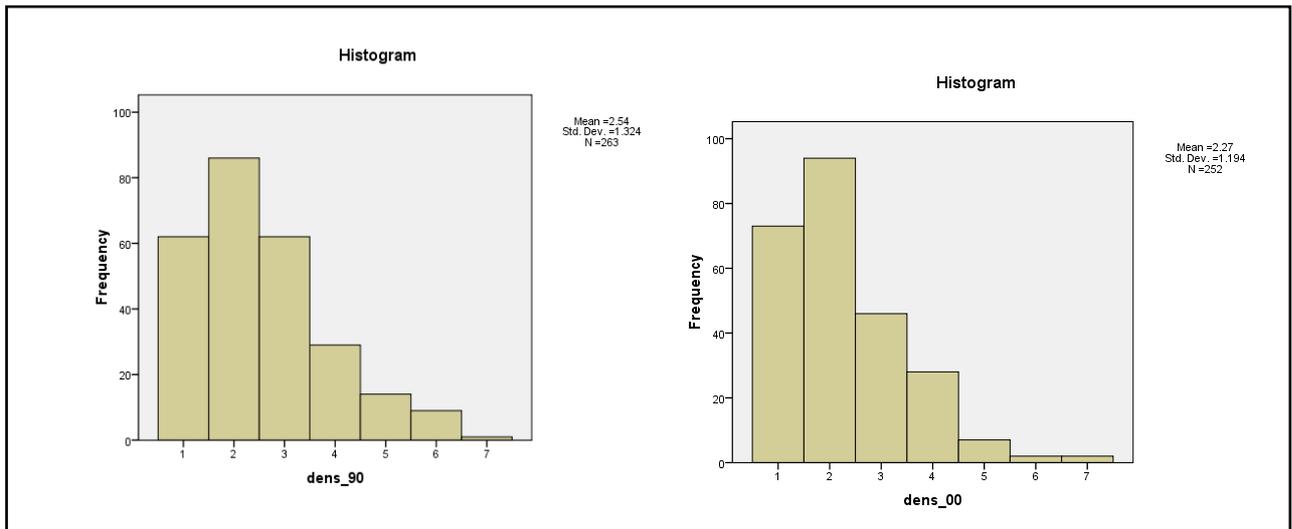


Figura 33 – Histogramas de freqüências da variável densidade por habitação no Setor 01

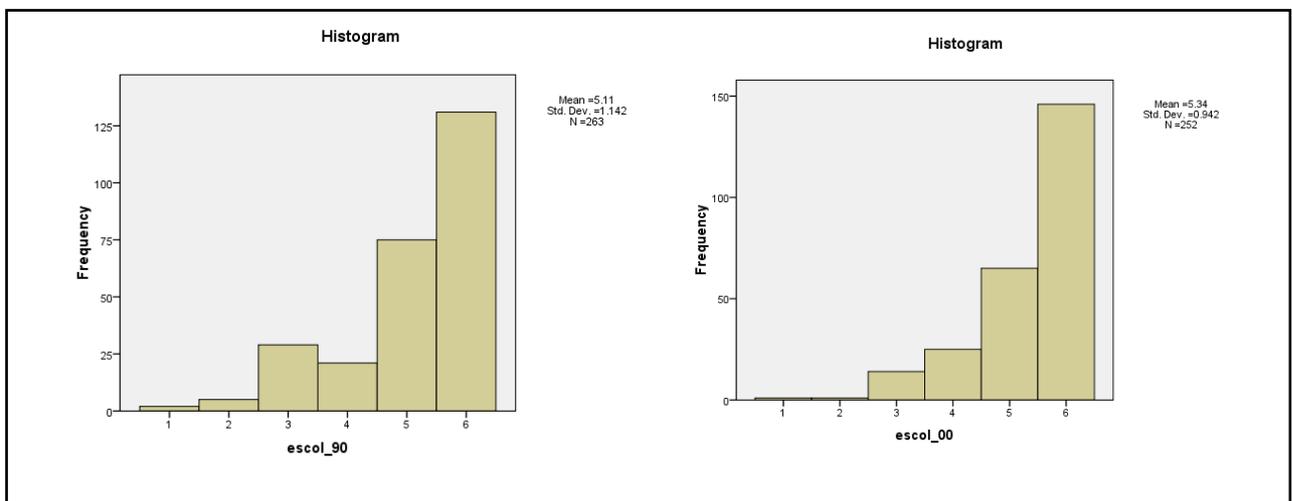


Figura 34 – Histogramas de freqüências da variável escolaridade no Setor 01

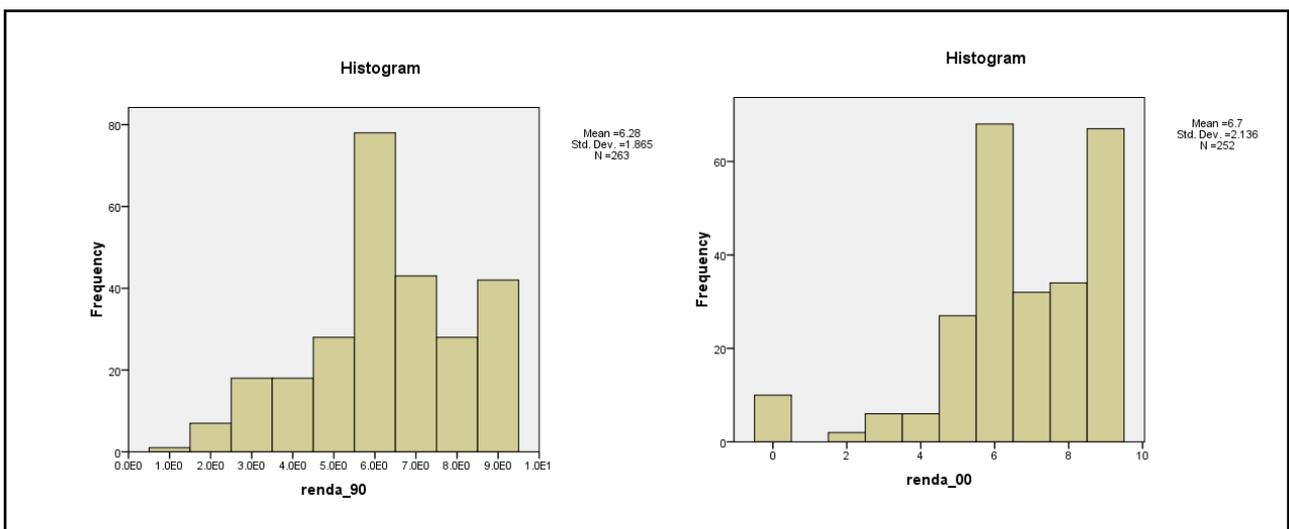


Figura 35 – Histogramas de freqüência da variável renda no Setor 01

O Coeficiente de Correlação de Pearson, “também chamada de momento linear ou produto de correlação [...] assume que duas variáveis são mensuradas em escalas intervalares e determina a extensão em que os valores das duas variáveis são ‘proporcionais’ uns aos outros” (Statsoft, 2010, s.p.). O coeficiente de correlação momento produto coeficiente é calculado da seguinte forma:

$$r_{12} = S (y_{i1} - Y\text{-bar}1) * (Y_{i2} - Y\text{-bar}2) / [S (y_{i1} - Y\text{-bar}1)^2 * S (Y_{i2} - Y\text{-bar}2)^2]^{(1/2)}$$

O programa calculou o teste do Chi-Quadrado com base nas frequências observadas e esperadas. “Os graus de liberdade para o teste do qui-quadrado é calculado como:

$$df \text{ (degree of freedom)} = \text{número de categorias} - \text{número de parâmetros} - 1$$

[...] onde o número de categorias refere-se ao número de categorias na tabela de frequências onde as frequências esperadas são maiores do que 5 e número de parâmetros se refere ao número de parâmetros que definem a respectiva distribuição teórica.” (Statsoft, 2010, s.p.)

Densidade por Habitação x Escolaridade – Década 1990			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	416.857 ^a	30	.000
N of Valid Cases	263		

Figura 36 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 01

O resultado mostra, nesse caso, que a variável de Pearson vale 416,857 e que o grau de liberdade é 30. Isto significa que, seguindo o cálculo da correlação, o resultado de .000 significa que são variáveis altamente associadas, ou seja, que a hipótese nula foi descartada.

Testes de máxima verossimilhança e linear x linear também foram feitos e obtiveram os mesmos resultados. Pelo amplo uso e reconhecimento do Teste de Correlação Pearson, este foi o escolhido para ilustrar os resultados obtidos.

Densidade por Habitação x Renda – Década 1990			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	695.952 ^a	48	.000
N of Valid Cases	263		

Figura 37 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 01

Densidade por Habitação x Escolaridade – Década 2000			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	203.869 ^a	30	.000
N of Valid Cases	252		

Figura 38 – Resultado do teste Chi-Quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 01

Densidade por Habitação x Renda – Década 2000			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	596.332 ^a	48	.000
N of Valid Cases	252		

Figura 39 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 01

A seguir, a Correlação de Pearson entre as variáveis dos outros Grupos escolhidos são ilustradas.

Os resultados dos testes de Chi-Quadrado de Pearson foram utilizados para verificar a consistência do banco de dados do IBGE e para indicar a relação entre as variáveis para que pudessem formar um dos grupos da Análise de Correlação Canônica.

Nos Grupos 07, 10 e 18 vê-se a mesma tendência de associação, como ilustram os gráficos e tabelas das Figuras a seguir.

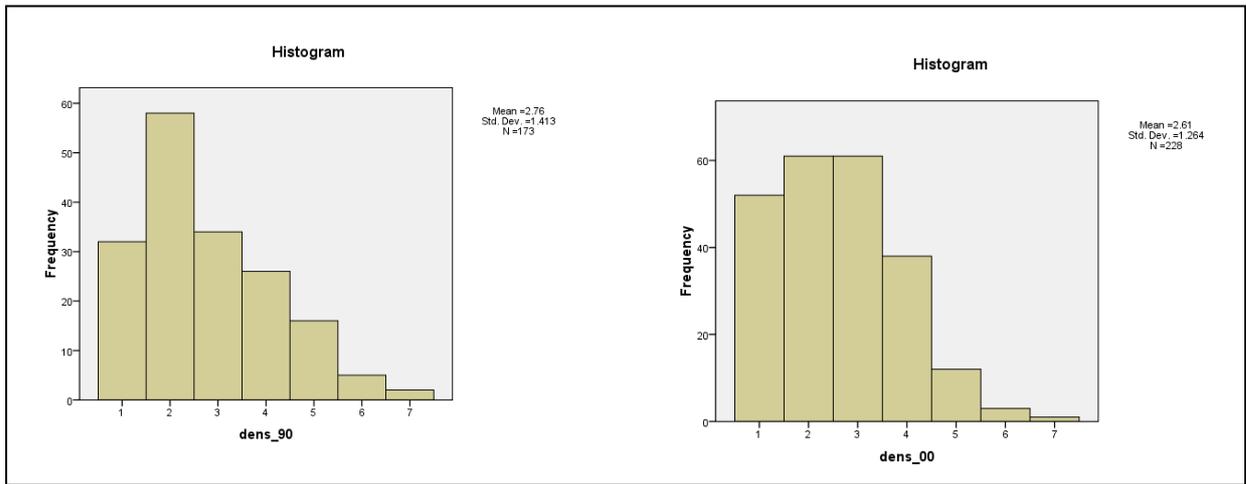


Figura 40 – Histogramas de freqüências da variável densidade por habitação no Setor 07

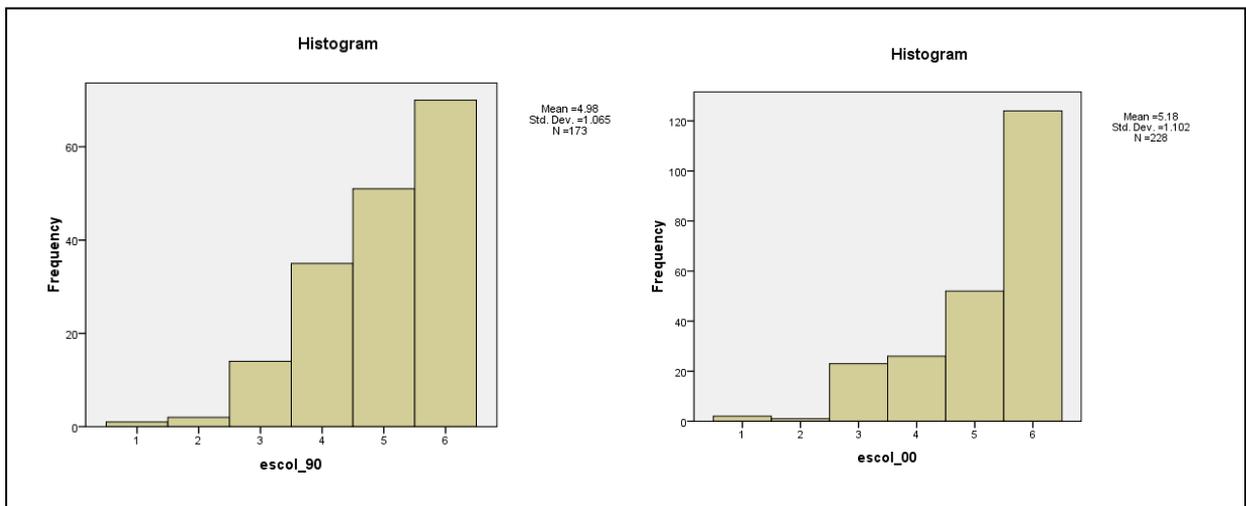


Figura 41 – Histogramas de freqüências da variável escolaridade por habitação no Setor 07

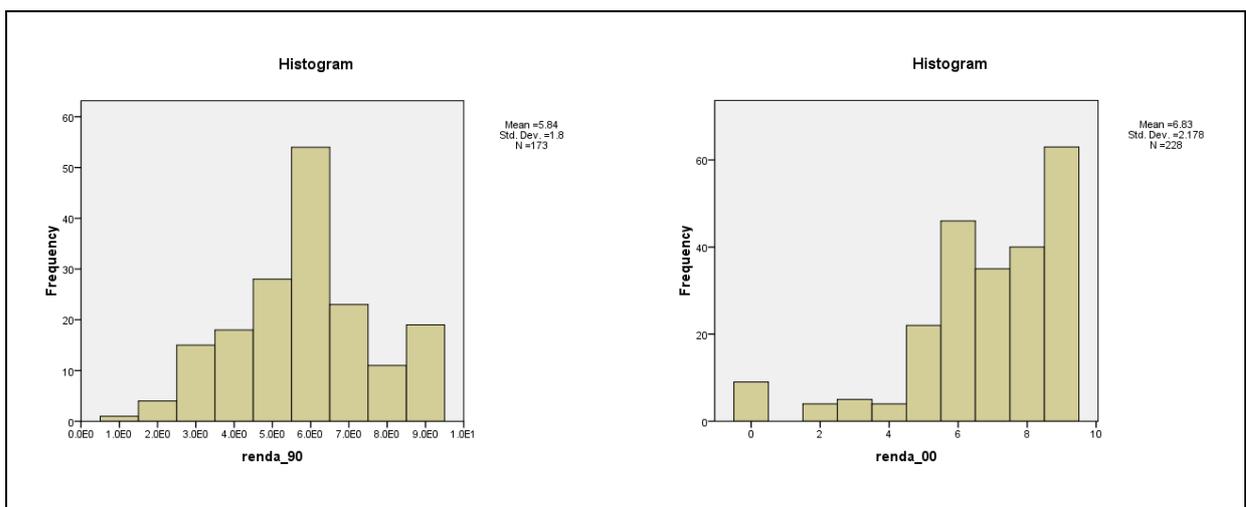


Figura 42 – Histogramas de freqüência da variável rnda no Setor 07

Densidade por Habitação x Escolaridade – Década 1990			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	242.219 ^a	30	.000
N of Valid Cases	173		

Figura 43 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10

Densidade por Habitação x Renda – Década 1990			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	483.505 ^a	48	.000
N of Valid Cases	173		

Figura 44 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10

Densidade por Habitação x Escolaridade – Década 2000			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	193.081 ^a	20	.000
N of Valid Cases	178		

Figura 45 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10

Densidade por Habitação x Renda – Década 2000			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	489.999 ^a	32	.000
N of Valid Cases	178		

Figura 46 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10

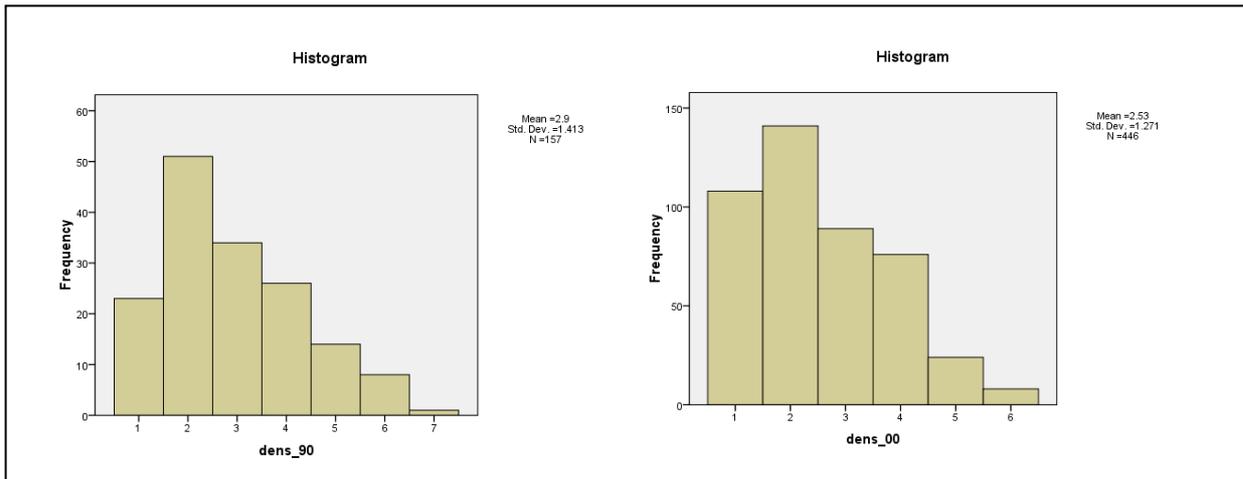


Figura 47 – Histogramas de freqüências da variável densidade por habitação no Setor 07

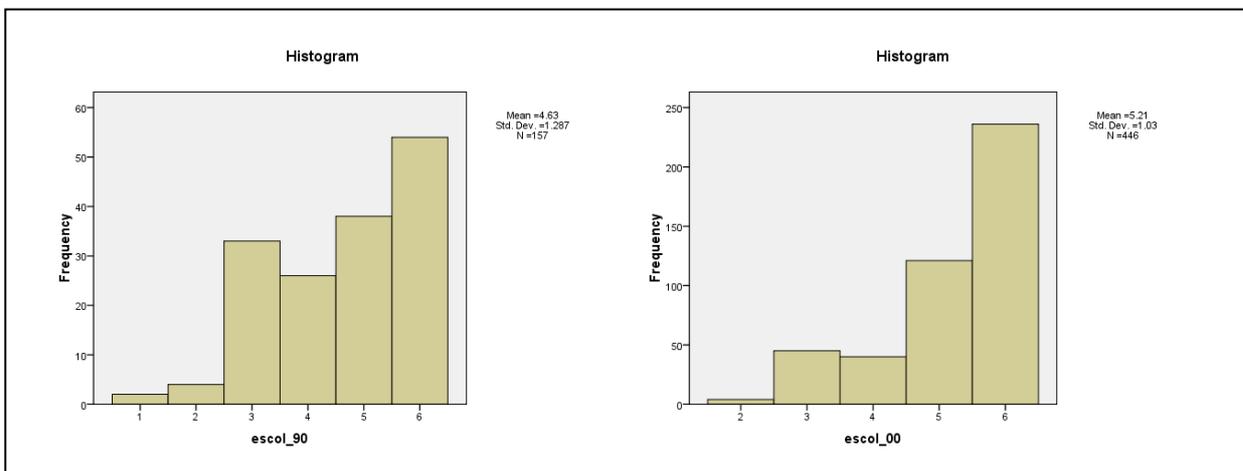


Figura 48 – Histogramas de freqüências da variável escolaridade no Setor 10

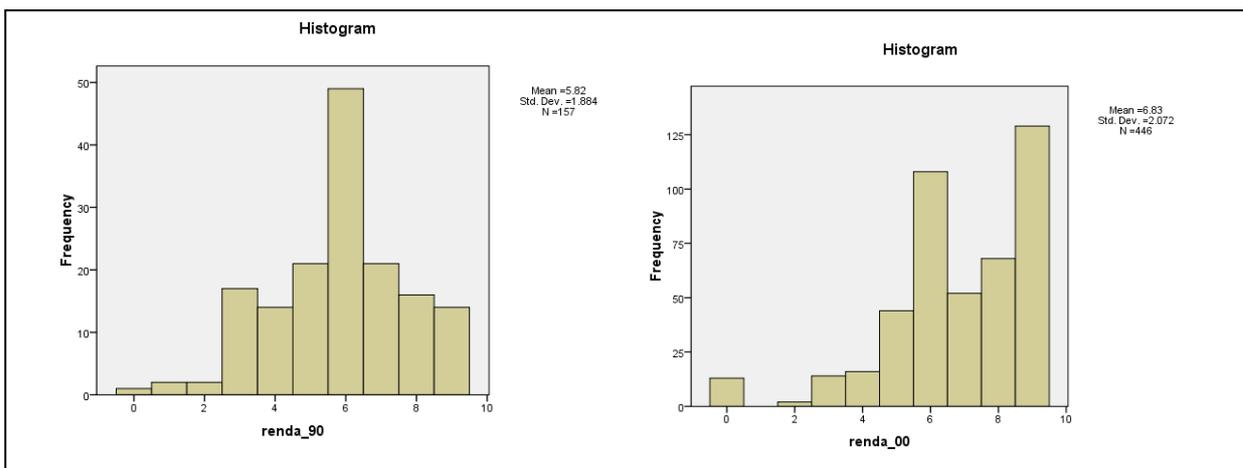


Figura 49 – Histogramas de freqüência da variável renda no Setor 10

Densidade por Habitação x Escolaridade – Década 1990			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	301.015 ^a	30	.000
N of Valid Cases	157		

Figura 50 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10

Densidade por Habitação x Renda – Década 1990			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	635.233 ^a	54	.000
N of Valid Cases	157		

Figura 51 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10

Densidade por Habitação x Escolaridade – Década 2000			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	198.984 ^a	30	.000
N of Valid Cases	137		

Figura 52 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10

Densidade por Habitação x Renda – Década 2000			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	479.508 ^a	48	.000
N of Valid Cases	137		

Figura 53 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 10

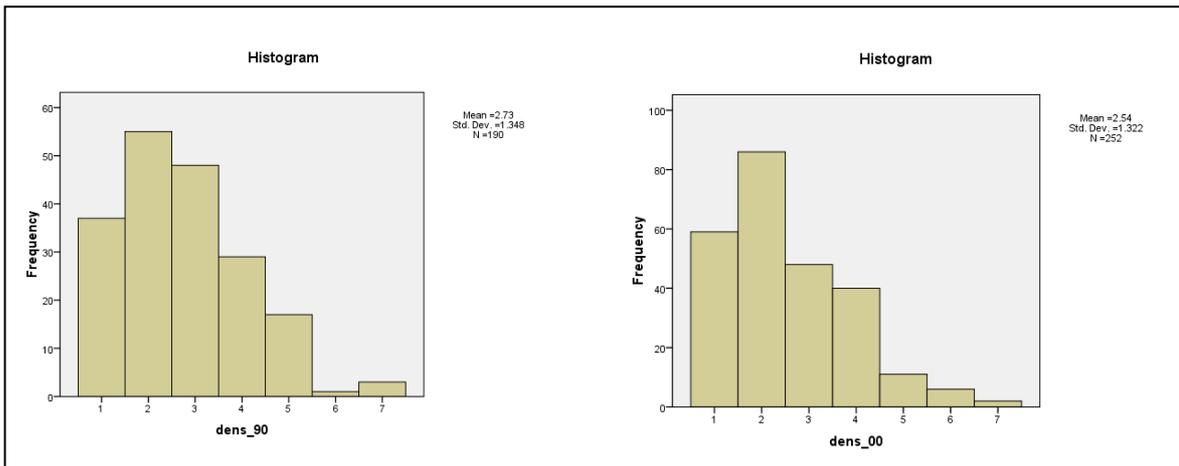


Figura 54 – Histogramas de freqüências da variável densidade por habitação no Setor 18

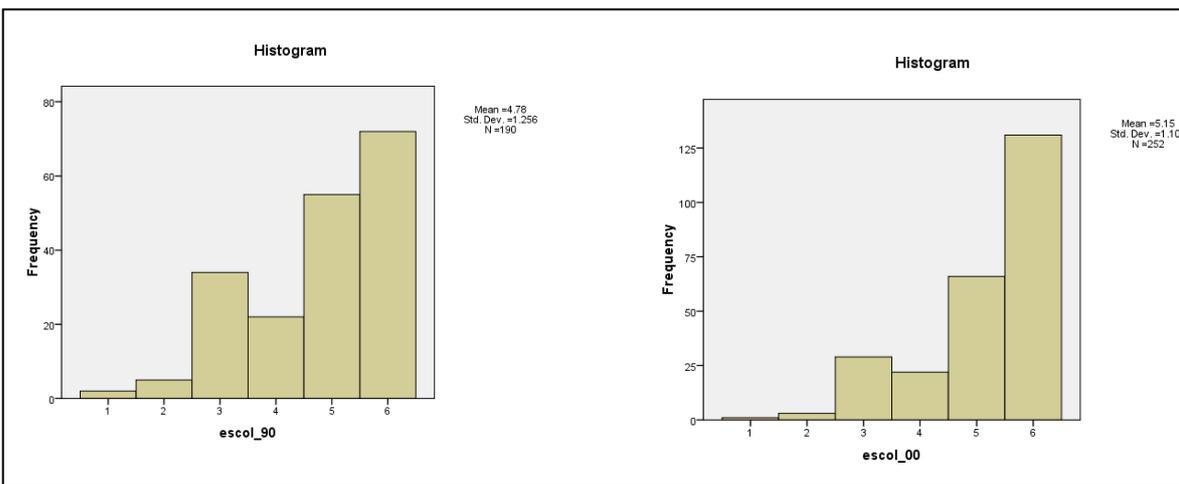


Figura 55 – Histogramas de freqüências da variável escolaridade por habitação no Setor 18

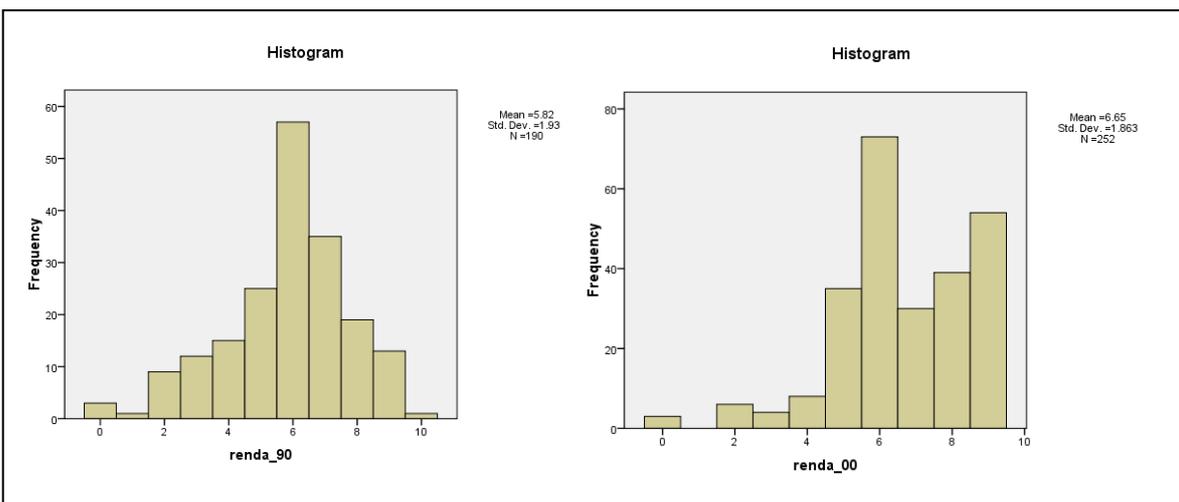


Figura 56 – Histogramas de freqüência da variável renda no Setor 18

Densidade por Habitação x Escolaridade – Década 1990			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	319.530 ^a	30	.000
N of Valid Cases	190		

Figura 57 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 18

Densidade por Habitação x Renda – Década 1990			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	721.502 ^a	60	.000
N of Valid Cases	190		

Figura 58 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 18

Densidade por Habitação x Escolaridade – Década 2000			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	471.282 ^a	28	.000
N of Valid Cases	188		

Figura 59 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 18

Densidade por Habitação x Renda – Década 2000			
Chi-Square Tests			
	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	622.062 ^a	56	.000
N of Valid Cases	188		

Figura 60 – Resultado do teste chi-quadrado entre as variáveis enunciadas para o Setor 18

A variável de faixa etária não é compatível com essas outras variáveis por possuir um número de casos muito maior. No censo do IBGE as perguntas (variáveis) são feitas de acordo com o número de domicílios, e a renda e escolaridade são computados pelo *chefe da residência*. Já no caso da faixa etária, tenta-se computar a população moradora de forma integral, o que gera um número de casos maior para cada setor e a impossibilidade de utilizar essa variável no teste Chi-Quadrado, pois as matrizes de Correlação de Pearson levam em conta uma tabela de 2x2 proporcional e, se utilizada uma variável com número de casos superior, as respostas são forçadas a entrar na matriz. Com isso, os resultados obtidos são distorcidos, tornando-os pouco confiáveis. Portanto, a variável faixa etária foi utilizada somente no modelo de Análise Canônica em forma de média.

4.2.3 Correlação canônica entre variáveis IBGE e tipologias

Após verificar a consistência dos dados dos dois bancos e suas relações aparentes, o banco final da correlação canônica pôde ser montado. Como já explicado anteriormente, o único link entre esses dois grupos de variáveis é a área da cidade onde eles se localizam. Portanto, as tipologias e os dados socioeconômicos foram recodificados para montar a matriz desse teste, tendo os Grupos como linha.

O grupo de variáveis da tipologia funcional foi limitado em 6 tipologias das já existentes, sendo 4 delas estritamente residenciais: 1) residencial até 5 pavimentos; 2) residencial mais de 5 pavimentos; 3) residencial unifamiliar; 4) residência dupla isolada. Além destas, foram utilizadas 2 tipologias de uso misto: 1) misto multifamiliar; 2) misto unifamiliar.

O teste de Análise Canônica utilizou as frequências de cada tipologia por Setor, para relacionar-se às médias do grupo de variáveis socioeconômicas. Estas variáveis foram codificadas em médias por Setor para adequar-se à matriz.

	Década	Setor	Dens Resid	Renda	Escolar	Etaria	Resid - 5pvt	Resid +5pvt	Misto Multifam	Resid Unifam	Misto Unifam	Resid Dupla Isolada
1	1990	1	2.53612167	10.493346	13.6444867	39.4887556	5	9	5	4	0	1
2	1990	2	2.48535565	10.4618227	13.6995074	39.4124579	9	4	6	13	1	1
3	1990	3	2.86725664	9.76858407	12.4483776	42.3384774	16	2	6	3	0	0
4	1990	4	2.77880184	9.98364929	12.3696682	39.106136	16	2	4	4	1	0
5	1990	5	2.48639456	9.62007299	13.7627737	38.0478796	13	4	6	18	3	8
6	1990	6	3.07751938	12.3729508	14.4467213	38.2267003	13	3	0	15	1	2
7	1990	7	2.76300578	8.6916185	13.0549133	39.3640167	15	4	1	13	4	1
8	1990	8	3.00454545	10.5379545	13.0818182	36.3706505	8	7	5	8	1	0
9	1990	9	2.83333333	10.2036878	12.3303167	39.1558029	12	3	1	3	3	1
10	1990	10	2.94303797	8.78414013	11.7420382	37.8602151	9	0	7	14	0	4
11	1990	11	2.81699346	10.9197712	12.8366013	40.2853828	10	4	9	12	2	2
12	1990	12	2.42986425	7.56210407	12.6425339	34.6703911	12	8	9	3	1	0
13	1990	13	2.82035928	8.42047904	11.8727545	36.6953291	5	0	3	9	2	1
14	1990	14	2.75238095	8.67269108	12.2770701	36.0276817	14	3	3	10	1	0
15	1990	15	2.75	9.22824324	12.1959459	35.8267813	12	5	3	1	3	0
16	1990	16	2.985	8.37444724	12.298995	35.2948074	5	4	5	3	1	0
17	1990	17	3.32891566	7.64226392	10.4273608	31.8785455	20	7	7	13	0	2
18	1990	18	2.73157895	8.74418421	12.3289474	38.327553	38	0	4	5	0	0
19	1990	19	2.8984375	9.82184314	12.5941176	38.7075472	5	2	2	3	0	0

Figura 61a – Matriz da análise canônica

20	2000	1	2.26984127	12.5416667	14.5694444	44.2202797	5	9	5	4	0	1
21	2000	2	2.48076923	12.0280303	14.2272727	41.0718336	8	4	1	5	1	1
22	2000	3	2.603125	12.965	13.2015625	44.8571429	16	2	6	3	0	0
23	2000	4	2.51243781	11.34675	13.7125	42.259332	16	2	4	4	1	0
24	2000	5	2.14506173	12.7488014	14.5804795	41.1208791	11	5	12	14	4	5
25	2000	6	2.4965035	15.8163934	14.692623	41.6719577	13	3	0	14	1	2
26	2000	7	2.45505618	12.3098315	14.1067416	41.4210526	15	4	1	13	3	1
27	2000	8	2.60526316	13.2335526	13.9583333	40.7323232	7	7	6	7	1	0
28	2000	9	2.37229437	10.9084783	13.5282609	42.8253676	11	3	1	3	3	1
29	2000	10	2.76978417	11.0544526	12.8175182	39.8846154	9	7	12	0	0	4
30	2000	11	2.53139013	13.0326457	14.0313901	43.7829938	11	4	7	10	2	2
31	2000	12	2.36036036	10.0600225	13.740991	35.5066667	12	8	9	3	1	0
32	2000	13	2.50598802	9.80609281	13.1946108	40.2222222	6	0	3	7	2	0
33	2000	14	2.46540881	11.4394182	14.0566038	38.8419722	13	3	5	10	1	0
34	2000	15	2.42758621	11.3582353	13.8442907	38.6460177	12	5	4	1	2	0
35	2000	16	2.5	11.0779286	13.6952381	41.1180952	5	4	5	3	1	0
36	2000	17	3.07427056	8.88271883	11.8448276	32.9064935	20	10	7	10	0	1
37	2000	18	2.52659574	10.5839628	13.8670213	40.2042105	37	0	5	5	0	0
38	2000	19	2.53968254	11.9153968	13.8134921	42.874028	5	2	2	2	0	0

Figura 61b – Matriz da análise canônica

Apesar de alguns autores afirmarem que “correlações canônicas de pequena magnitude são geralmente de pouco valor prático, pois representam muito pouca variabilidade real dos dados” (Statsoft, 2010, s.p.), isso diz respeito mais ao tamanho de amostra quando não se utiliza a população total em questão. Por esta razão, pode-se afirmar que, pelo menos para esse recorte urbano, a correlação encontrada é confirmada, pois engloba toda a população.

A seguir estima-se o modelo canônico, sua avaliação e ajuste geral e a interpretação das variáveis estatísticas canônicas.

A correlação entre as somas de todas as variáveis é um teste que pode ser útil em alguns casos, mas mascara os detalhes sobre as variáveis dos grupos, e, neste trabalho, é interessante saber quais variáveis de cada grupo contribuem mais para a associação entre os grupos. Por esse motivo, foi utilizada a soma ponderada da Análise Canônica.

Somente a análise da soma das correlações (o que geraria uma correlação mais alta) deixa a desejar no momento em que queremos saber *quem* está mais relacionado com *o quê*. A Análise Canônica foi utilizada para descobrir a associação entre as variáveis de tipologias funcionais e as socioeconômicas. Com a simples soma dos fatores continuaríamos sem saber quais tipologias funcionais estão relacionadas mais fortemente com quais variáveis socioeconômicas. Ademais, “pode-se potencialmente perder informações importantes pela simples adição de itens.” (Statsoft, 2010)

Por exemplo, numa situação de soma simples dos fatores, dizer que população com baixa renda e alto nível de escolaridade, morando em um prédio de uso misto, seria a mesma coisa que dizer que pessoas com alta renda e baixo nível de escolaridade, morando em um prédio de uso misto. Pois a soma não resultaria em uma opção ponderada das relações entre as variáveis.

A tabela de construção do modelo (Figuras 61a e 61b) mostra que os Grupos têm uma média homogênea nas variáveis da população, mas mesmo

que o exemplo anterior seja hipotético, o resultado final é, ainda assim, prejudicado por uma soma sem pesos.

Na tabela resumo do teste de análise canônica (Figura 62), é possível observar os grupos de variáveis utilizadas, o índice canônico, a significância e a redundância do resultado.

Canonical Analysis Summary (BANCO-CANONICA)		
Canonical R: .66283		
Chi ² (24)=32.602 p=.11288		
	Left	Right
No. of variables	4	6
Variance extracted	100.000%	67.0476%
Total redundancy	13.0452%	11.9616%
Variables: 1	Dens Resid	Resid -5pvt
2	Renda	Resid +5pvt
3	Escolar	Misto Multifam
4	Etaria	Resid Unifam
5		Misto Unifam
6		Resid Dupla Isolada

Figura 62 – Resumo da análise canônica

Ainda na mesma Figura 62 pode-se ver que a significância do teste é de 11,28%, ou seja, não muito significativo. Mas o coeficiente canônico de correlação é bastante bom, na grandeza de 0,66. O que, elevando-se ao quadrado, gera uma raiz de 0,44, ou seja, 44% de explicação entre os grupos de variáveis.

Em uma situação ideal de tamanho de amostra, um aumento no número de casos, além de melhorar a significância do teste, também ajudaria na comprovação da hipótese de que há uma forte relação entre o tipo de edificação e sua população residente.

Entretanto, pode-se dizer que 44% de explicação de um fenômeno complexo – que é a mudança entre as tipologias existentes e a população moradora (IBGE) – é um resultado aceitável para a elaboração de um modelo

posterior de mudança na escala intra-urbana, utilizando-se da relação das tipologias com a população como *critério de desempate* probabilístico.

Com o uso da soma ponderada, a estrutura das variáveis nos dois grupos é refletida nos pesos. Por exemplo, se renda mais elevada e baixa densidade de ocupação é mais relacionada com moradores de prédios de mais de cinco pavimentos, mas a escolaridade está pouco ligada a esse uso, então pode ser atribuído um peso maior para as primeiras variáveis e um peso menor para a última. Essa idéia geral é expressada pela seguinte equação:

$$a_1 * a_2 * y_1 y_2 \dots a_p y_p = b_1 b_2 * x_1 * x_2 \dots b_q x_q$$

Para determinar os pesos da correlação canônica impõe-se

a condição de que as duas somas ponderadas devem relacionar-se ao máximo umas com as outras. Isso é exatamente o que a correlação canônica faz ao realizar uma análise canônica baseada na matriz de correlação geral de todas as variáveis. (Statsoft, 2010, s.p.)

Na análise de correlação canônica as somas ponderadas geram as raízes canônicas. Segundo Statsoft (2010), essas variáveis podem ser pensadas como uma descrição de variáveis subjacentes *latentes*. Por exemplo, se um conjunto de itens do perfil socioeconômico está fortemente ligado com os itens de usos residenciais estritos, podemos concluir que as respectivas variáveis canônicas medem o perfil de quem mora nesse tipo de edificação.

O modelo computa tanto os autovalores quanto as raízes canônicas, que são limitadas ao número mínimo de variáveis de qualquer dos grupos. O que quer dizer que, no caso do modelo de análise do trabalho, este número mínimo será de 4 raízes canônicas.

Eigenvalues (BANCO-CANONICA)				
	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4
Value	0.439339	0.294104	0.086727	0.017175

Figura 63 – Autovalores de correlação e geração das raízes canônicas

Os autovalores (eigenvalues) podem ser interpretados como a proporção da variância explicada pela correlação entre as variáveis estatísticas canônicas respectivas.

A proporção aqui é computada relativamente à variância das variáveis canônicas, ou seja, a soma ponderada das pontuações dos dois conjuntos de variáveis; os autovalores não dizem quanta variabilidade é explicada em cada conjunto de variáveis. (Statsoft, 2010, s.p.)

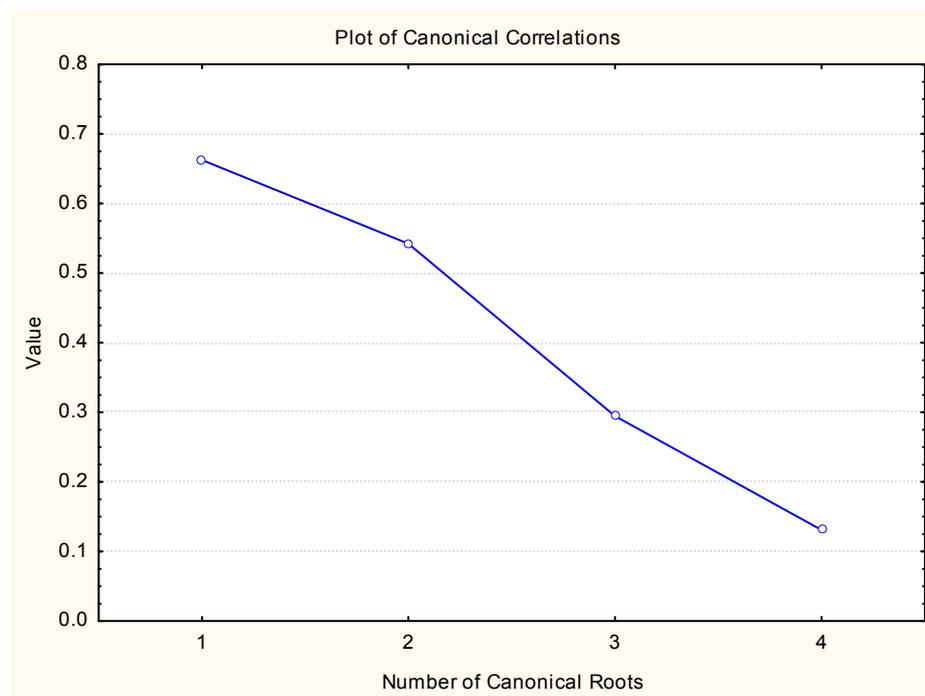


Figura 64 – Cruzamento entre autovalores e correlações canônicas identificando as raízes canônicas

O gráfico acima representa o resultado do cálculo dos pesos, o que maximiza a correlação das somas ponderadas. Ao encontrar essa raiz (a primeira), extraem-se os segundos maiores escores de soma ponderada que não se relacionam com a anterior, e assim sucessivamente.

Chi-Square Tests with Successive Roots Removed (BANCO-CANONICA)						
Root removed	Canonical R	Canonical R-sqr.	Chi-sqr.	df	p	Lambda
0	0.662827	0.439339	32.60160	24	0.112884	0.355237
1	0.542314	0.294104	14.37448	15	0.497361	0.633603
2	0.294495	0.086727	3.40342	8	0.906544	0.897587
3	0.131054	0.017175	0.54572	3	0.908737	0.982825

Figura 65 – Cruzamento entre autovalores e correlações canônicas identificando as raízes canônicas e suas respectivas significâncias

Conclui-se, observando a Figura 65, que a raiz de maior significância é a primeira, cujos valores já foram explicados anteriormente. Vê-se que a segunda raiz canônica explica 29,41% da correlação entre somas ponderadas dos grupos de variáveis seguintes. Portanto, a única raiz canônica significativa desse teste é a primeira, que será explicada mais detalhadamente a seguir.

Canonical Weights, left set (BANCO-CANONICA)				
	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4
Dens Resid	-0.72170	1.389555	-0.09921	-0.65956
Renda	-0.49163	-0.423593	0.62128	1.90764
Escolar	-1.00036	0.668719	-1.33315	-1.55542
Etaria	1.07535	1.067273	-0.29867	-0.33069

Figura 66 – Pesos canônicos do grupo de dados socioeconômico

Canonical Weights, right set (BANCO-CANONICA)				
	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4
Resid -5pvt	-0.056364	-0.238307	0.339568	-0.706691
Resid +5pvt	-0.809915	-0.506305	-0.102436	0.082896
Misto Multifam	0.472238	-0.613486	0.609506	0.158944
Resid Unifam	-0.809789	0.124817	0.258206	-0.298018
Misto Unifam	0.324937	-0.728375	-0.582230	-0.472472
Resid Dupla Isolada	0.122763	0.295118	-0.405408	0.524973

Figura 67 – Pesos canônicos do grupo de dados das tipologias funcionais

As Figuras 66 e 67 mostram o resultado da soma ponderada e explicitam quais variáveis contribuem mais ou menos para a grandeza da correlação.

Para interpretar a primeira raiz canônica (a significativa), examinam-se os pesos canônicos. Em geral, de acordo com Stasoft (2010), quanto maior o peso, maior é a contribuição singular da variável para a soma.

Para facilitar a comparação entre os pesos, os pesos canônicos são normalmente reportados para as variáveis padronizadas, ou seja, para as variáveis transformadas 'z' com uma média de 0 e um desvio padrão de 1. [...] Para resumir, os pesos canônicos permitem ao usuário entender o modo de construção de cada raiz canônica, ou seja, ele permite ao usuário ver como cada variável em cada conjunto contribui singularmente para a respectiva soma ponderada (variáveis canônicas)." (Statsoft, 2010, s.p.)

Tendo em vista esses parâmetros, pode-se dizer que os pesos canônicos mais representativos do grupo socioeconômico são: a faixa etária, a

escolaridade e a densidade; e do grupo das tipologias são: as residências unifamiliares e os prédios de mais de 5 pavimentos estritamente residenciais. Este resultado, de certa forma, comprova o que observamos através dos dados empíricos, ou seja, que escolaridade (alta, no caso) e densidade (baixa, no caso) explicam a ocupação desses tipos de residência.

Como mostrado na Figura 51, o coeficiente de correlação da primeira raiz canônica é 0.66283. Usa-se este coeficiente para extrair a sua raiz quadrada, que resulta no autovalor que, no caso, é de 0,439339. A correlação canônica é a correlação pertinente às variáveis canônicas e, como os autovalores, as correlações entre variáveis canônicas são extraídas sucessivamente e são cada vez menores, pelo mesmo princípio já explicado para as raízes canônicas.

No índice geral de correlação canônica é habitual registrar somente o coeficiente de maior correlação, ou seja, a primeira raiz canônica. Entretanto, segundo Statsoft (2010), as raízes subseqüentes também podem ser relacionadas entre si de forma significativa e, além disso, serem passíveis de interpretação.

As variáveis canônicas da primeira raiz canônica estão distribuídas em um gráfico de dispersão (Figura 68) que ilustra a leve tendência da correlação, e o pequeno número de casos é facilmente observado.

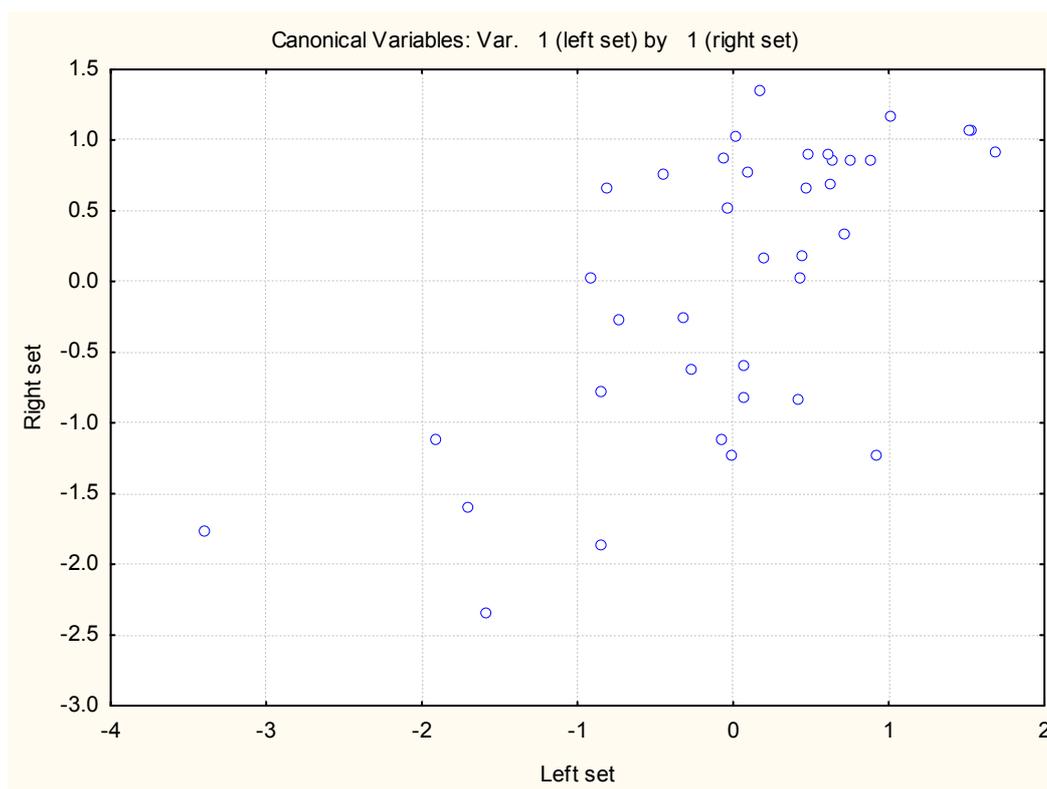


Figura 68 – Correlação entre as raízes canônicas dos dois grupos de variáveis

Aproximando os resultados obtidos nos testes desse trabalho com os obtidos no estudo de Constantinou, constata-se que em ambos a tipologia de mais de 5 pavimentos é a mais forte. No estudo de Constantinou ela representa a tipologia de maior autonomia, seguida da de uso misto.

A primeira raiz canônica mostra que a tipologia mais relacionada com as variáveis populacionais (escolaridade, etária e densidade) era a residencial com mais de 5 pavimentos e a residencial unifamiliar. Já a segunda raiz canônica traz os usos mistos como os de maior influência (como visto nas Figuras 66 e 67). Isso se dá provavelmente porque o perfil populacional está ligado ao valor de mercado desses estoques construídos.

Portanto, o que no estudo de Constantinou é uma autonomia de alocação por valor de investimento e dificuldade de substituição (edificação com mais de 5 pavimentos), na correlação com o perfil populacional vem à tona a tipologia residencial unifamiliar que tem seu valor de mercado cada vez mais valorizado, por sua maior probabilidade de transformação. Isso indica que a

população que habita nessa tipologia tem uma alta probabilidade de ser de alto nível de escolaridade, alta faixa etária e alta renda.

Outra maneira de interpretar as raízes canônicas é olhar para as correlações simples entre as variáveis canônicas (ou fatores) e as variáveis em cada conjunto. Essas correlações são também chamadas de cargas fatoriais canônicas. A lógica aqui é que as variáveis que estão altamente correlacionadas com variáveis canônicas têm mais em comum com as mesmas. Portanto, deve-se pesá-las mais fortemente quando decorrentes de uma interpretação significativa das respectivas variáveis canônicas. Este método de interpretação das variáveis canônicas é idêntico a forma em que os fatores são interpretados na análise fatorial.

Factor Structure, left set (BANCO-CANONICA)				
	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4
Dens Resid	-0.341388	0.487995	0.769606	-0.230266
Renda	-0.164153	0.218299	-0.622757	0.733194
Escolar	-0.158296	-0.025084	-0.951269	0.263441
Etaria	0.478509	0.403973	-0.653136	0.425734

Figura 69 –Estrutura fatorial do grupo de variáveis socioeconômicas

Pela análise fatorial do grupo socioeconômico (Figura 58), nota-se que as variáveis faixa etária e densidade por habitação são as mais fortemente influentes na primeira raiz canônica (a mais significativa). Já na Figura 59, observa-se que as variáveis de uso residencial estrito unifamiliar e mais de 5 pavimentos são as mais *pesadas*.

Factor Structure, right set (BANCO-CANONICA)				
	Root 1	Root 2	Root 3	Root 4
Resid -5pvt	0.033216	-0.022415	0.509119	-0.719500
Resid +5pvt	-0.555498	-0.635815	0.054427	0.418142
Misto Multifam	0.134160	-0.601349	0.523837	0.448757
Resid Unifam	-0.585140	0.101931	-0.129822	-0.191388
Misto Unifam	0.101692	-0.431243	-0.767737	-0.334433
Resid Dupla Isolada	-0.148840	-0.077959	-0.246502	0.324777

Figura 70 – Estrutura fatorial do grupo de variáveis tipologias funcionais

Às vezes, os pesos canônicos para uma variável são quase zero, mas a carga respectiva para a variável é muito alta (o padrão oposto de resultado também pode ocorrer). Em primeiro lugar, tal constatação pode parecer contraditória, mas como os pesos canônicos pertencem à contribuição única de cada variável, enquanto as cargas fatoriais representam simples correlações canônicas globais, isso torna-se possível.

Por exemplo, observe na Figura 55 como as variáveis faixa etária e escolaridade têm um peso parecido na soma ponderada. Suponha que essas duas variáveis sejam associadas com alta colinearidade, ou seja, são redundantes. O software Statistica, quando calcula os pesos das somas ponderadas, precisa somente de uma das variáveis para capturar a essência do que elas medem e, depois que um peso alto é atribuído a uma delas, a outra recebe um peso canônico insignificante mesmo quando, na correlação simples entre as duas variáveis, a carga fatorial for substancial para ambas.

Um teste complementar foi feito para verificar se realmente essas duas variáveis (faixa etária e escolaridade, estavam com alta colinearidade e foi demonstrado que não, pois ao retirar a variável faixa etária da correlação, constatou-se que o coeficiente de correlação canônica perdeu força.

O coeficiente de correlação canônica refere-se à correlação entre a soma ponderada dos dois conjuntos de variáveis. Ele não diz nada sobre o quanto a variância de cada raiz canônica explica as variáveis. No entanto, podemos inferir a proporção da variância extraída de cada conjunto de variáveis por uma raiz particular, olhando as cargas fatoriais canônicas. Estas cargas representam a correlação entre as variáveis estatísticas canônicas e as variáveis do respectivo conjunto.

Se forem elevadas ao quadrado as correlações entre as variáveis estatísticas canônicas e as variáveis do respectivo conjunto, é obtido um valor que corresponde à proporção de variância explicada por cada variável.

Para cada raiz canônica utiliza-se “a média das proporções entre as variáveis para obter uma indicação de quanta variabilidade é explicada, em

média, pela respectiva variável canônica naquele conjunto de variáveis.” (Statsoft, 2010, s.p.). Com este procedimento calcula-se a proporção média da variância extraída por cada raiz.

Variance Extracted (Proportions), left set (BANCO-CANONICA)		
	Variance	Reddncy.
Root 1	0.099380	0.043662
Root 2	0.112404	0.033059
Root 3	0.577904	0.050120
Root 4	0.210311	0.003612

Figura 71 – Variância extraída das variáveis do grupo socioeconômico

Observa-se na Figura 60 que a primeira raiz canônica extrai uma média de 10% de variância do grupo de variáveis socioeconômicas. Se multiplicada pela proporção de variância compartilhada entre as variáveis canônicas dos dois grupos (R-sqr.), obtém-se o valor da Redundância (Reddncy). Portanto, comparado ao grupo das variáveis das tipologias, o grupo socioeconômico é responsável por aproximadamente 4,5% da variância desse grupo.

Variance Extracted (Proportions), right set (BANCO-CANONICA)		
	Variance	Reddncy.
Root 1	0.117094	0.051444
Root 2	0.161470	0.047489
Root 3	0.200601	0.017398
Root 4	0.191310	0.003286

Figura 72 – Variância extraída das variáveis do grupo das tipologias

Já na Figura 72, a primeira raiz canônica aponta uma média de aproximadamente 12% da variância do grupo de variáveis das tipologias e pode ser responsável por cerca de 5% da variância do grupo socioeconômico.

Esses números são baixos pela relativa falta de correlações entre as variáveis canônicas que, só poderão ser aumentados, no caso de replicação do

fenômeno, quando houver casos suficientes para elevar o valor da significância total do teste.

Os valores da linha da variância extraída indicam a quantidade média da variância extraída a partir das variáveis no conjunto de todas as respectivas raízes canônicas. Assim, todas as 4 raízes extraem 100% da variância do conjunto da esquerda, ou seja, as quatro variáveis socioeconômicas, e extraem 67,4% da variância do grupo da direita (Figura 61). Deve ficar claro que, por exemplo, quatro somas ponderadas independentes derivaram das quatro variáveis que explicam 100% de toda a variabilidade.

As correlações canônicas podem ser elevadas ao quadrado para calcular a proporção da variância compartilhada pelas somas ponderadas (variáveis canônicas) em cada conjunto. Se multiplicarmos esta proporção pela proporção de variância extraída, chegamos a uma medida de redundância, ou seja, de quão redundante um conjunto de variáveis é, dado o outro conjunto de variáveis. Na forma de equação, podemos expressar a redundância como:

$$\text{Redundancy}_{\text{left}} = [\sum(\text{loadings}_{\text{left}}^2)/p]*R_c^2$$

$$\text{Redundancy}_{\text{right}} = [\sum(\text{loadings}_{\text{right}}^2)/q]*R_c^2$$

Nestas equações: p indica o número de variáveis no primeiro conjunto de variáveis (esquerda); q indica o número de variáveis no segundo conjunto de variáveis (direita); R_c^2 é a correlação canônica respectiva elevada ao quadrado.

Os valores nas linhas *variância extraída* e *redundância total* marcadas em amarelo, nas Figuras 70 e 71, indicam a magnitude das correlações globais entre os dois conjuntos de variáveis, em relação à variância das variáveis. Isso é diferente da Raiz Canônica elevada ao quadrado (Figura 64), porque essa última expressa a proporção da variância contabilizada segundo as variáveis canônicas da soma ponderada.

A medida de redundância também é útil para avaliar a significância prática das raízes canônicas. Com grandes tamanhos de amostra, correlações canônicas de magnitude 0,30 podem tornar-se estatisticamente significativas.

Se este coeficiente é elevado ao quadrado (R -quadrado = 0,09) e usado na fórmula de redundância mostrada acima, fica claro que tais raízes canônicas representam apenas uma pequena variabilidade nas variáveis.

Entretanto, a avaliação final do que constitui ou não um achado de importância prática é sempre subjetiva. Não obstante, para manter uma avaliação realista do quanto de variabilidade real (nas variáveis) é representada por uma raiz canônica, é importante sempre levar em conta a medida de redundância, ou seja, o quanto da variabilidade real em um grupo de variáveis é explicado pelo outro grupo.

Este estudo mostrou que os grupos de variáveis estão correlacionados e podem ser considerados aptos como *critério de desempate* em um modelo iterativo. No caso da primeira raiz canônica, de 44%, se vê que os pesos canônicos mais significativos são escolaridade, faixa etária e densidade por habitação, juntamente com residencial unifamiliar e residencial com mais de 5 pavimentos. Isso mostra o perfil predominante de ocupação do bairro.

Já a segunda raiz canônica, não interpretada com profundidade nesse trabalho por ter recebido uma carga canônica mais baixa, mostra uma relação mais entre densidade por ocupação, faixa etária e escolaridade com os usos mistos. Apesar de não significativa, a segunda raiz canônica mostra que os usos estritamente residenciais e os mistos foram reconhecidos como tipologias diferentes já que se relacionam com as variáveis socioeconômicas em raízes diferentes. Ou seja, não apresentam interferência e pode-se, com o aumento no número de casos, chegar a uma raiz significativa para esse tipo de uso também.

Na comparação entre os pesos canônicos (contribuição única de cada variável na correlação) e estrutura fatorial (contribuições canônicas globais) da primeira raiz canônica comprova que as variáveis mais importantes da correlação são densidade por habitação e faixa etária no grupo socioeconômico, e residencial unifamiliar e residencial com mais de 5 pavimentos no grupo das tipologias, não contradizendo o que foi visto nos pesos canônicos.

A variância extraída das raízes canônicas deste estudo, embora de valor baixo, representam de forma clara a correlação global entre os grupos de variáveis.

A análise de correlação canônica provou ser um caminho favorável na criação de índices de correlação entre grupos de variáveis de natureza diferente, confirmando correlações que se observam empiricamente. Isso é de suma importância para avaliar o recorte urbano e utilizar os resultados da análise em modelos probabilísticos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Modelos que facilitem o entendimento da evolução de um bairro são importantes, pois, a partir do entendimento de como, de forma integrada, ocorrem as mudanças de uso do solo e a dinâmica populacional, pode-se antever com maior segurança o que poderá ocorrer em situações diversas de desenvolvimento do sistema.

A hipótese central buscava saber se há correlação entre o padrão de mudança de uso do solo e o padrão socioeconômico populacional de um bairro. Os resultados do estudo apontam para a confirmação da hipótese de que os grupos de dados em questão são correlacionados e devem ser ampliados para posterior replicação e confirmação do modelo.

O propósito de provar essa correlação foi buscar uma quantificação que demonstrasse o quanto esses grupos de variáveis podem caracterizar um local.

Através da observação das tabelas de freqüências das tipologias funcionais, constata-se que o bairro Santana é predominantemente residencial, pois mais da metade dos 19 Grupos estão concentrados na faixa de uso residencial, compreendida entre 70 e 100%.

Embora com a predominância das tipologias residenciais, conclui-se, pela observação da evolução dos lotes (décadas de 1970, 1980, 1990 e 2000), que há um aumento gradual de diversificação de usos.

Os resultados dos testes utilizados para a validação dos dados socioeconômicos como relacionáveis, nos mostram um recorte urbano:

- de população jovem com média de idade de 38,23 anos;
- com bom poder aquisitivo, com média de 9,62 salários;
- de alta escolaridade, com média de 12,45 anos de estudo;
- com densidade de ocupação por habitação baixa, com média de 2,82 habitantes por residência.

Observando-se as tabelas de frequência pode-se concluir que, para o recorte urbano estudado, níveis mais altos de renda e escolaridade refletem uma densidade menor por habitação.

Pela observação dos mapas produzidos neste estudo, conclui-se que o padrão de ocupação do bairro mostra que as tipologias funcionais influenciam no tipo de população. Isto é: a diversificação funcional das últimas décadas mostra que um tipo de população está ligado ao tipo de edificação residencial.

Da mesma forma, constata-se que a faixa etária está ligada ao tipo de edificação, com populações mais jovens vivendo em edificações mais antigas. Igualmente encontram-se edificações novas, que trazem, além de população nova, uma renovação em termos da diminuição de densidade por habitação e em termos do aumento do nível de renda.

As análises de associação das variáveis socioeconômicas mostraram que a população do local é homogênea, tratando-se de agrupamentos de tipologias. Por exemplo, onde há maior concentração de edificações antigas também há uma maior concentração de menor renda e maior densidade por habitação.

Isso também foi demonstrado na Análise Canônica, onde as variáveis com maior peso na correlação entre os dois grupos eram: maior renda e menos densidade relacionados com residências unifamiliares e prédios com mais de cinco pavimentos (comprovando o que era esperado).

A metodologia da análise de Correlação Canônica foi a opção indicada para que fosse possível utilizar grupos de dados correlacionados, retirando da equação a interferência do pesquisador/planejador e, ainda assim, identificando quais variáveis são mais ou menos influentes, o que não seria possível de se constatar utilizando outros métodos de análise.

Observando-se os resultados obtidos com a análise da primeira raiz canônica, pode-se concluir que:

- em relação ao grupo de dados socioeconômico, as variáveis que se relacionam mais fortemente com o grupo das tipologias funcionais são: densidade por habitação, escolaridade e faixa etária;

- em relação ao grupo das tipologias funcionais, as variáveis que se relacionam mais fortemente com o grupo de dados socioeconômicos são: residencial unifamiliar e residencial com mais de 5 pavimentos.

Enquanto a premissa de sustentabilidade não tiver um conceito e função consolidados na literatura científica, será difícil tratar de uma aplicação empírica e gerar índices que revelem algum aspecto da sustentabilidade urbana, sem cair em questionamentos e parcialidades.

Muitos dos índices de sustentabilidade que podem ser avaliados são totalmente qualitativos e pouco assertivos de medidas práticas. Muitas correlações tidas como importantes qualitativamente mostram-se pouco correlatas quando testadas empiricamente, como o caso do nível educacional de uma comunidade traduzir-se diretamente em crescimento econômico. Por mais que possa ser facilmente explicada, neste estudo essa correlação aparece como sendo fraca, ou seja, no caso do recorte urbano estudado o alto nível educacional da população não se traduziu em um alto nível de renda. Isto ocorre porque estas variáveis não possuem uma relação de causalidade direta e, além disso, são mais complexas e interdependentes com, por exemplo, a variável faixa etária. No caso de alto nível de renda, a faixa etária juntamente com o nível educacional pode gerar com maior probabilidade um resultado positivo, mas somente duas variáveis não são suficientes para assegurar um resultado diretamente proporcional.

Esse trabalho caminhou, desde sua origem, na direção de uma medida de resiliência, em um modelo de evolução do uso do solo na escala intra-urbana, de modo a ilustrar o seu estado de desenvolvimento.

Era propósito geral aproximar-se de um indicador de resiliência urbana, agregando uma medida de complexidade (como, por exemplo, a utilizada no modelo de Constantinou) aos dados do presente trabalho, de modo a tentar identificar os pontos de mudança de estágio do sistema.

Entretanto, o banco de dados disponível mostrou-se insuficiente para montar a série temporal e avaliar com mais precisão as correlações entre os bancos socioeconômico e das tipologias funcionais.

Estudos futuros poderão ser desenvolvidos, desde que haja um banco de dados disponível com possibilidade de formar uma série temporal suficientemente robusta. Com isso, poder-se-á agregar uma medida de complexidade para chegar a um índice de resiliência ou limiar de mudança de estado. Ou seja, mostraria o momento em que a resiliência do sistema foi superada. Isso poderá ser usado como um preditivo suplementar.

Gerar uma simulação de uma medida de resiliência, que seja uma análise de limiar, em um modelo que se auto-regule e que não necessite da introdução exógena de tantos fatores, promete ser um grande avanço no campo da avaliação de desempenho urbano. Para isso, talvez a resposta seja algum tipo de metodologia integrativa, que possa ser transposta para o ambiente urbano.

Sugere-se estudos que poderão utilizar o modelo proposto neste trabalho, juntamente com outras medidas configuracionais, tendo como objetivo ampliar a gama de correlações de variáveis urbanas, considerando o supra-sistema.

O recorte usado no trabalho mostrou um resultado favorável ao aprofundamento da construção de modelos baseados na correlação canônica, embora a dificuldade na obtenção de dados mapeáveis seja um limite para a visualização dos resultados.

Reforçando a mesma idéia, faz-se necessária uma visão mais aprofundada da construção de mapas que ilustrem a correlação ponderada entre variáveis de natureza distinta. O tipo de visualização de dados disponível é, de certa forma, estática demais no que diz respeito à correlação de variáveis em um recorte temporal. O que se vê atualmente são animações que demonstram a evolução de uma variável no tempo, mas como cruzar mais de uma variável mostrando tendências probabilísticas de evolução cruzadas? Uma maneira de se alcançar esse objetivo seria conseguir espacializar as matrizes em forma de grafos em vários níveis (layers) e buscar uma integração entre eles, a partir de graduações de interferências ou similaridades.

Este trabalho mostrou, entre outros aspectos, o quanto as variáveis socioeconômicas são correlacionadas sem a interferência de valores impostos pelo pesquisador. Os dados aqui apresentados permitiram constatar que o

nível educacional do recorte urbano em questão traduz-se em baixa densidade por habitação, mas isso não está diretamente refletido em alto poder econômico. Igualmente constatou-se, pelos resultados obtidos, uma interdependência das variáveis no que se refere a sua mútua influência na concepção de um local.

Os modelos geram dados que devem ser interpretados de acordo com as correlações que interessem à pesquisa em questão. Devem, além de verificar se os dados são compatíveis, formar uma interpretação mais geral por parte dos agentes, pois um mesmo mapa pode gerar múltiplas interpretações.

Para replicar o modelo utilizado neste trabalho, seria interessante desmembrar algumas variáveis socioeconômicas, de modo a conseguir mais detalhes sobre as correlações, o que implica na necessidade de ampliação do número de casos estudados.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTI, M., WADDEL, P. (2000) *An integrated urban development and ecological simulation model. Integrated assessment 1*. P. 215-227.
- ALLEN, C. R., GUNDERSON, L., JOHNSON, A. R. (2005) *The use of discontinuities and functional groups to assess relative resilience in complex systems*. *Ecosystems* 8. P. 958-966.
- ALLEN, P. (1994) *Evolutionary Complex Systems: the self-organization of communities*. Cranfield University, Bedford. P. 109-134.
- BABBIE, E. (2005) *Métodos de pesquisa survey*. 3ª Ed. UFMG.
- BERLING-WOLFF, S., WU, J. (2004) *Modeling urban landscape dynamics: a review*. *Ecological research* 19. P. 119-129.
- CALLAGHAN, E. G., COLTON, J. (2007) *Building sustainable & resilient communities: a balancing of community capital*. Springer Science+Business Media (online).
- CONSTANTINOU, E. (2007) *Dinâmica intra-urbana: aleatoriedade e emergência de padrões espaço-temporais*. Tese de Doutorado, UFRGS, Porto Alegre.
- CONTANTINOU, E. (2007b) *Built form change: Randomness and emergence of space-time patterns*. ISUF, Ouro Preto. 13p.
- COSTA, M. S., SILVA, A. N. R., RAMOS, R. A. R. (2004) *Indicadores de mobilidade urbana sustentável para Brasil e Portugal*. Workshop Planejamento Integrado. UM (Portugal) USP (São Paulo).
- DANCEY, C. P., REIDY, J (2006) *Estatística sem matemática para psicologia: usando SPSS para Windows*. 3ª Ed. Artmed, Porto Alegre.
- DOOLING, S., GRAYBILL, J., GREVE, A. (2007) *Response to Young and Wolf: goal attainment in urban ecology research*. Science+Business Media, *Urban Ecosystems* 10. P. 339-347.
- GODSCHALK, D. R. (2002) *Urban Hazard Mitigation: Creating Resilient Cities*. Urban Hazard Forum (plenary paper). University of New York.
- HAIR Jr., J. F. et al. (2009) *Análise multivariada de dados*. 6a Ed. Bookman, Porto Alegre.
- HILLIER, B.; HANSON J. (1984) *The social logic of space*. Cambridge, Cambridge University Press. Introduction, Cap. 1 and 3.
- HILLIER, B., STUTZ, C. (2010) *New Methods of Space Syntax*. Disponível em: <http://www.rudi.net/books/6057>

IBGE Dados sobre o Censo 1990 e 2000 <http://biblioteca.ibge.gov.br/> Acessado em: junho de 2009.

JABAREEN, Y. (2006) *A new conceptual framework for sustainable development*. Springer Science+Business Media BV.

KRAFTA, R. (1994) *Modelling Intraurban Configurational Development*. Environment & Planning B "Planning & Design", v. 21, p. 67-82. Londres, GB.

KRAFTA, R. (1996) *Urban convergence: morphology and attraction*. In: *Environment & Planning B, vol 21*. London, Pion.

MOTTA, V. T., OLIVEIRA FILHO, P. F. (2009) *SPSS Análise de dados biomédicos*. Ed. Medbook, Rio de Janeiro.

PICKETT, S. T. A., CADENASSO, M. L., GROVE, J. M. (2004) *Resilient Cities: meaning, models, and metaphor for integrating the ecological, socio-economic, and planning realms*. Landscape and Urban Planning 69. P. 369-384.

REIS, G. M., RIBEIRO Jr, J. I. (2007) Comparação de testes paramétricos e não paramétricos aplicados em delineamentos experimentais. In: SEMANA ACADÊMICA DO CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - SAEPRO, 3, 2007, Viçosa. **Anais...** Viçosa, Universidade de Viçosa, 2007.

ROMERO, M. A. et all. (2004) Indicadores de sustentabilidade dos espaços públicos urbanos: aspectos metodológicos e atributos das estruturas urbanas. Seminário A questão ambiental urbana, UnB. Brasília.

STATSOFT Eletronic Statistics Textbook (acessado em maio 2010)
<http://www.statsoft.com/textbook/basic-statistics/>

STEINER, F. (2004) *Urban Human Ecology*. Urban Ecosystems, 7. P. 179-197.

UN-HABITAT (2007) *Indicadores Urbanos Globais*. www.cityindicators.org (acessado em maio 2009)

UN Website – Human Development Reports.
<http://hdr.undp.org/en/statistics/indices/> (acessado em maio 2009)

VERGANO, L., NUNES, P. A. D. (2007) *Analysis and evaluation of ecosystem resilience: an economic perspective with an application to the Venice lagoon*. Springer Science+Business Media BV. Biodiversity Conservation 16: p. 3385-3408.

VOINOV, A. (2008) *Understanding and communitating sustainability: global versus regional perspective*. Springer. EnvironDevSustain 10 p.487-501.

WU, J., JONES, K. B., LI, H., LOUCKS, O.L. (2006) *Cap 18 Scaling with known uncertainty: a synthesis*. In: *Scaling and uncertainty analysis in ecology: Methods and Applications*. Springer Link. p. 329-346.

7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ALBERTI, M., MARZLUFF, J. M. (2004) *Ecological resilience in urban ecosystems: linking urban patterns to human and ecological functions*. Urban Ecosystems 7. P. 241-265.

ALLEN, P. (1997) *Cities and regions as self-organizing systems*; Gordon & Breach, AMS, cap 1.

ALONSO, W. (1960) *A theory of the urban land market*; The Regional Science Association, Volume 6, Issue 1. P. 149-157.

ARENTZE, T., TIMMERMANS, H. *Multi-agent models of spatial cognition, learning and complex choice behavior in urban environments*. P. 181-200.

BATHIA, V. K. (?) *Canonical Correlation Analysis*. New Dehli (online)

BARBETTA, P. A. (2004) *Estatística aplicada as ciencias sociais*. Ed. UFSC, Florianópolis.

BARRA, T. (1979) *Integrating micro-economic models with spatial interaction theory*. In Ph Steadman (ed) *Transactions of the Martin Centre*, University of Cambridge.

BRODY, S. D. (2003) *Implementing the principles of ecosystem management through local land use planning*. Population and Environment 24, n 6.

CARDOSO, C. E. P. (?) *Acessibilidade alguns conceitos e indicadores*. CET/PUC-SP.

CAPELLO, R., NIJKAMP, P. (2004). *Urban Dynamics and Growth: Advances in Urban Economics*. Elsevier Inc

CHAN, E., LEE, G. K. L. (2007) *Critical factors for improving social sustainability of urban renewal projects*. Springer Science+Business Media (online).

ECHENIQUE, M. (1976) *Modelos matemáticos de la estructura urbana*; BsSa, SIAP, cap 1.

FAYYAD, U., PIATETSKY-SHAPIO, G., SMYTH, P. (1996) *From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases*. American Association for Artificial Intelligence.

FUJITA, M., MORI, T. (1997) *Structural stability and evolution of urban systems*, Regional Science and Urban Economics vol. 27.

GILBERT, N.; TROITZSCH, K. G. (2005) *Simulation for the social scientist*. Open Press University. 295p.

GROSSMAN (2003) *Proceedings of the First Annual Workshop on Data Mining Standards, Services, and Platforms*, KDD, Washington DC.

HILLIER, B. (1997) *The space is the machine*. Cambridge, Cambridge University Press. Cap. 5 e 9.

HILLIER, B. et all. (1993) *Natural Movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement*. In: HILLIER, B. et all. *Environment and Planning B: planning and design*. Vol. 20. London. p. 29-66.

HOLANDA, F. de. (1984) *Paisagens de objetos*. In: *Cadernos Brasileiros de Arquitetura XII – Desenho Urbano I*. São Paulo, Projeto. Tabela 2, p.25.

INGRAM, D. (1971) *The concept of accessibility*; *Regional Studies* vol 5.

KRAFTA, R. (1997) *Urban configurational Complexity: conceptualization and measurement*. In: *Proceedings of the 1st International Symposium on Space Syntax, London*.

LEBEL, L., THAITAKOO, D., SANGAWONGSE, S., HUAISAI, D. (2007) *Chapter 10 – Views of Chiang Mai: the contributions of remote-sensing to urban governance and sustainability*. In: *Applied Remote Sensing for Urban Planning, Governance and Sustainability*. P. 222-247.

LYONS, J. R. (1997) *Urban Ecosystem Management: bringing science and policy together*. *Urban Ecosystem* 1. P. 77-83.

McCANN, P. (2001). *Urban and Regional Economics*. Oxford University Press.

MUSACCHIO, L., WU, J. (2004) *Collaborative landscape-scale ecological research: emerging trends in urban and regional ecology*. *Urban Ecosystems* 7. P. 175-178.

O'SULLIVAN, A. (2003). *Urban economics*. Boston, Mass: McGraw-Hill/Irwin. ISBN 0-07-248784-4.

PECKHAM, R. (1997) *Cap. 5 Geographical Information Systems and decision support for environmental management*. In: TIMMERMANS, H *Decision support systems in urban planning*. Ed. E & FN, P. 75-86.

PEN, A. et all. (1998) *Configurational modeling of urban movement networks*. In: HILLIER, B. et all. *Environment and Planning B: planning and design*. Vol. 25. London. p. 59-84.

PICKETT, S. T. A., et al. (1997) *A conceptual framework for the study of human ecosystems in urban areas*. *Urban Ecosystems* 1. P. 185-199.

PICKETT, S. T. A., CADENASSO, M. L. (2000) *Advancing urban ecological studies: frameworks, concepts, and results from the Baltimore Ecosystem Study*. *Austral Ecology* 31. P. 114-125. 2006.

PORTUGALI, J. *Self-organization and the city*. Berlin, Springer cap 3.

PORTUGALI, J. (1996) *Spatial cognitive dissonance and sociospatial emergence in a self-organizing city*; *Environment & Planning B* vol 24.

REDMAN, C. L., GROVE, J. M., KUBY, L. H. (2004) *Integrating social science into long-term ecological research (LTER) network: social dimensions of ecological change and ecological dimensions of social change*. *Ecosystems* 7. P. 161-171.

RIGATTI, D. (2007) *Polígrafo digital das aulas de 01 a 05*. Disciplina de introdução à sintaxe espacial, PROPUR, UFRGS. Porto Alegre.

RITSEMA van ECK, J., KOOMEN, E. (2007) *Characterizing urban concentration and land-use diversity in simulations of future land use*. Springer Verlag.

ROSSETTO, A. M., ORTH, D. M., ROSSETTO, C. R., FÁVERO, R. (2004) *Indicadores de sustentabilidade para a gestão urbana*. XXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. UFSC. Florianópolis.

SAWICKI, D. S.; FLYNN, P. (1996) *Neighborhood indicators. A review of the literature and an assessment of conceptual and methodological issues*. APA Journal.

SMITH, N. (1989) *Uneven development and location theory*, in Peet & Thrift (ed) *New models in geography*; London.

TEKLENBURG, J., TIMMERMANS, H., BORGERS, A. *Cap 15 Design tools in an integrated CAD-GIS environment: space syntax as an example*. In: TIMMERMANS, H *Decision support systems in urban planning*. Ed. E & FN, P.261-276.

TORRENS, P. M. (2000) *How Cellular Models of Urban Systems Work*. CASA Working Papers.

VALDAVIDA, M. C.(1998) *Bancos de Datos*. Colección Cuadernos Modernos n. 24. CIS, Madrid.

VAUGHAN, H., WHITELAW, G., CRAIG, B., STEWART, C. (2003) *Linking ecological science to decision-making: delivering environmental monitoring information as societal feedback*. *Environmental Monitoring and Assessment* 88. P. 399-408.

WEBSTER, C.J. (1998) *Sustainability and public choice: a theoretical essay on urban performance indicators*. *Environment and Planning B*, vol 25. p.709-729.

WITLOX, F., ARENTZE, T., TIMMERMANS, H. *Cap 9 Constructing and consulting fuzzy decision tables*. In: TIMMERMANS, H *Decision support systems in urban planning*. Ed. E & FN, P. 156-174

WYATT, R. (1997) *Cap. 6 Reversing decision support systems to reveal differences in human strategizing behavior*. In: TIMMERMANS, H *Decision support systems in urban planning*. Ed. E & FN, p. 87-106.