

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE DA OFERTA DE LINHAS
DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DO DISTRITO
FEDERAL AO CAMPUS DARCY RIBEIRO – UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA**

LUCAS MIRANDA FRANÇA

ORIENTADOR: PROF. Dr. PASTOR WILLY GONZALES TACO

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL I EM ENGENHARIA CIVIL

**BRASÍLIA – DF
2019**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE DA OFERTA DE LINHAS
DO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO DO DISTRITO
FEDERAL AO CAMPUS DARCY RIBEIRO – UNIVERSIDADE
DE BRASÍLIA**

LUCAS MIRANDA FRANÇA

MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL EM ENGENHARIA CIVIL.

APROVADA POR:

**PASTOR WILLY GONZALES TACO, Dr. (ENC/UnB)
(ORIENTADOR)**

**FABIANA SERRA DE ARRUDA, Dr. (ENC/UnB)
(EXAMINADOR INTERNO)**

**TIAGO HENRIQUE FRANÇA BARONI, Me. (EPL)
(EXAMINADOR EXTERNO)**

BRASÍLIA/DF, 2 de novembro de 2019.

FICHA CATALOGRÁFICA

FRANÇA, LUCAS MIRANDA

Análise da disponibilidade da oferta de linhas do Sistema de Transporte Público do Distrito Federal ao campus Darcy Ribeiro – Universidade de Brasília [Distrito Federal] 2019. v, 89p., mm (ENC/FT/UnB, Bacharel, Engenharia Civil, 2019)
Monografia de Projeto Final - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FRANÇA, LUCAS MIRANDA (2019). Análise da disponibilidade da oferta de linhas do Sistema de Transporte Público do Distrito Federal ao campus Darcy Ribeiro – Universidade de Brasília. Monografia de Projeto Final, Publicação G.PF-, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 89p.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Lucas Miranda França

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE PROJETO FINAL: Análise da disponibilidade da oferta de linhas do Sistema de Transporte Público do Distrito Federal ao campus Darcy Ribeiro – Universidade de Brasília.

GRAU / ANO: Bacharel em Engenharia Civil / 2019

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta monografia de Projeto Final e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta monografia de Projeto Final pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Lucas Miranda França
CNB 12 Taguatinga Norte
72115-125 – Taguatinga/DF – Brasil

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos se referem a minha família, professores, amigos e mestres.

Agradeço em específico ao carinho e zelo que sempre recebi dos meus pais. O café da manhã preparado por meu pai depois de uma noite de trabalho sem fim era o meu despertar diário. O carinho e amor de minha mãe eram meu guia.

Agradeço a minha namorada por ser o meu porto seguro, minha principal revisora e companheira.

Agradeço a todos os professores que doaram uma parte de si, ensinando a sensibilidade, a técnica e a responsabilidade necessária ao Engenheiro Civil.

Agradeço aos meus supervisores do estágio pelas horas de conversa, de ensinamento e principalmente pelo exemplo de profissionalismo, técnica e respeito a profissão e a verdade.

Agradeço em específico ao meu orientador, Professor Pastor, por me apresentar o mundo que existe sobre SIG e Transporte Público, ampliando minha visão para novos horizontes.

RESUMO

Este trabalho de conclusão de curso de Projeto Final 2 trata sobre a disponibilidade da oferta de linhas do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal para acesso ao campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília. O objetivo do trabalho é caracterizar a disponibilidade da oferta de linhas com destino ao campus Darcy Ribeiro por Região Administrativa. Para isso, o software ArcGIS com auxílio da linguagem de programação em Python é utilizado para analisar os dados georreferenciados de linhas de ônibus, estações de metrô e áreas das Regiões Administrativas do Distrito Federal. Com isso, observou-se que as regiões do Plano Piloto, Asa Norte, Asa Sul, Lago Norte, Guará se destacam com maior disponibilidade de oferta de linhas e Brazlândia, Santa Maria, Cidade Ocidental, Novo Gama, Santo Antônio do Descoberto com menor disponibilidade de oferta de linhas. Conclui-se que existe uma disponibilidade de oferta de linhas desigual com um alto desvio padrão e concentração de linhas em algumas Regiões Administrativas.

Palavras-chaves: Sistema de Transporte Público, Disponibilidade da oferta, Sistema de Informação Geográfica, Programação em Python.

Lista de Figuras

Figura 2.1 - Representação no software ArcGIS das áreas urbanas (em cinza) do Distrito Federal sobre o mapa base do OpenStreetMap	10
Figura 3.1 - Representação no software ArcGIS da área de cobertura (em azul) do STPC/DF sobre o mapa base do OpenStreetMap	12
Figura 3.2 - Representação das linhas do modo metroviário do STPC/DF	13
Figura 4.1 - Representação do tempo de viagem para deixar o campus de Santa Barbara às 17:00 para qualquer localização no mapa	20
Figura 4.2- Esquema de representação da rede de Metrô de Madri	21
Figura 5.1 - Representação do polígono de seleção das linhas diretas para o campus Darcy Ribeiro	30
Figura 5.2 - Representação da área da cobertura das linhas diretas para o campus Darcy Ribeiro sobre o mapa base do OpenStreetMap	31
Figura 5.3 - Representação do polígono de seleção para a Rodoviária do Plano Piloto.....	34
Figura 5.4 - Representação da área da cobertura das linhas de ônibus e estações de metrô com destino a Rodoviária do Plano Piloto sobre o mapa base do OpenStreetMap	36
Figura 5.5 - Representação da área de cobertura das linhas diretas e linhas integradas em comparação com a área urbana do Distrito Federal sobre o mapa base do OpenStreetMap ...	38
Figura 5.6 - Esquema de representação das etapas da metodologia de forma resumida	40
Figura 5.7 - Esquema de representação das etapas que resultam no shapefile da área de cobertura do STPC/DF	41
Figura 5.8 - Esquema de representação das etapas que resultam no shapefile da área urbana por Região Administrativa	42
Figura 5.9 - Esquema de representação das etapas de intersecção entre áreas e produção das tabelas com a quantidade de linhas por Região Administrativa	43
Figura 5.10 - Parte inicial do código, a qual contém a definição do ambiente de trabalho	45
Figura 5.11 - Parte do código referente a definição das variáveis	46
Figura 5.12 - Parte do código referente a produção da área de cobertura de linhas diretas	47
Figura 5.13 - Parte do código referente a execução da ferramenta Buffer para linhas diretas.	48
Figura 5.14 - Parte do código referente seleção das estações de metrô em operação	49
Figura 5.15 - Parte do código referente a execução da ferramenta buffer para criação do shapefile das estações de metrô	50

Figura 5.16 - Parte do código referente a seleção das linhas integradas com destino a Rodoviária do Plano Piloto.....	51
Figura 5.17 - Parte do código referente a execução da ferramenta Buffer para criação de shapefile da área de cobertura das linhas integradas	52
Figura 5.18 - Parte do código referente a junção da área de cobertura do metrô e das linhas integradas.....	53
Figura 5.19 - Parte do código referente a intersecção entre as áreas urbanas e as áreas das Regiões Administrativas	54
Figura 5.20 - Parte do código referente a dissolução das feições da área urbana das Regiões Administrativas.....	55
Figura 5.21 - Parte do código referente a execução da intersecção tabular para a área de cobertura das linhas diretas	56
Figura 5.22 - Parte do código referente a execução da intersecção tabular para a área de cobertura das linhas integradas.....	57
Figura 5.23 - Parte do código referente a exportação da tabela da intersecção das linhas diretas	58
Figura 5.24 - Parte referente a exportação da tabela da intersecção das linhas integradas	58
Figura 6.1 - Curva de densidade das linhas diretas.....	63
Figura 6.2 - Curva de densidade para linhas integradas	64
Figura 6.3 - Curva de densidade junção linhas diretas e integradas.....	65
Figura 6.4 - Gráfico do número de linhas por Região Administrativa	68
Figura 6.5 - Gráfico do número de linhas integradas por Região Administrativa.....	69
Figura 6.6 - Gráfico do número de linhas diretas por Região Administrativa	70
Figura 6.7 - Gráfico do número de respondentes por Região Administrativa	72

Lista de quadros

Quadro 3.1 - Diversas definições para polo gerador de viagem.....	17
Quadro 3.2 - Critérios e avaliação do campus Darcy Ribeiro como PGV.....	18

Lista de tabelas

Tabela 6.1 - Descrição estatística dos dados de quantidade de linha	59
Tabela 6.2 - Quantidade de linhas do grupo crítico	60
Tabela 6.3 - Quantidade e porcentagem de linhas do grupo crítico	61
Tabela 6.4 - Quantidade de linhas do grupo crítico considerando todos os destinos do Distrito Federal.....	62
Tabela A. 1 - Número e porcentagem de linhas por Região Administrativa	80
Tabela A. 2 - Número de linhas para todos destinos do Distrito Federal por RA.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS

BRT – BUS RAPID TRANSIT

PDTT/DF – PLANO DE DESENVOLVIMENTO DO TRANSPORTE PÚBLICO SOBRE TRILHOS DO DISTRITO FEDERAL

PDTU/DF - PLANO DIRETOR DE TRANSPORTE URBANO E MOBILIDADE DO DISTRITO FEDERAL

RA – REGIÃO ADMINISTRATIVA

SEMOB - SECRETARIA DE TRANSPORTE E MOBILIDADE

SEGETH - SECRETARIA DE ESTADO DE DESENVOLVIMENTO URBANO E HABITAÇÃO

SIG – SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

STPC/DF - SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO DO DISTRITO FEDERAL

SUMÁRIO

1 -	INTRODUÇÃO	1
1.1 -	APRESENTAÇÃO	1
1.2 -	PROBLEMA.....	2
1.3 -	OBJETIVO	2
1.3.1 -	Objetivo geral.....	2
1.3.2 -	Objetivos específicos.....	3
1.4 -	JUSTIFICATIVA	3
1.5 -	METODOLOGIA	4
2 -	DISPONIBILIDADE DE OFERTA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO	5
2.1 -	DISPONIBILIDADE DE OFERTA DE LINHAS	5
2.1.1 -	Significado de maior quantidade de linhas disponíveis	5
2.1.2 -	Quantidade de linhas e sua relação com a oferta, confiabilidade e acessibilidade ..	6
2.2 -	ÁREA DE COBERTURA, DISTÂNCIA DE ACESSO E DISPONIBILIDADE.....	7
2.2.1 -	Distância de acesso ao ônibus.....	7
2.2.2 -	Área de cobertura e distância de acesso a sistemas metroviários.....	8
2.2.3 -	Área de cobertura e Área urbana	9
3 -	SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO	11
3.1 -	SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO DO DISTRITO FEDERAL	11
3.1.1 -	Sistema de Transporte Público Coletivo Semiurbano	13
3.2 -	PADRÃO DE COMPORTAMENTO DO TRANSPORTE DO DISTRITO FEDERAL	14
3.3 -	RODOVIÁRIA DO PLANO PILOTO	14
3.4 -	CAMPUS DARCY RIBEIRO – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA.....	15
3.4.1 -	PÓLOS GERADORES DE VIAGENS.....	17
4 -	IMPORTÂNCIA DO USO DO SIG E PYTHON	19

4.1 - EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA SIG	19
4.2 - O USO DA PROGRAMAÇÃO NO PLANEJAMENTO	21
4.3 - CARÊNCIA DE PROFISSIONAIS CAPACITADOS PARA UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE SIG E PROGRAMAÇÃO	22
5 - METODOLOGIA	23
5.1 - FUNDAMENTAÇÃO DO MÉTODO	24
5.1.1 - Por que escolher quantidade de linhas como uma medida?	24
5.1.2 - Por que escolher determinadas distâncias de acesso?	25
5.1.3 - Por que escolher a análise de linhas diretas e linhas integradas para acesso ao campus Darcy Ribeiro?	26
5.1.4 - Por que escolher Regiões Administrativas para classificação das linhas?	26
5.1.5 - Quais são os modos considerados na metodologia?.....	27
5.2 - INFORMAÇÕES SOBRE OS ARQUIVOS SHAPEFILE UTILIZADOS COMO FONTE PARA A EXECUÇÃO DA METODOLOGIA	27
5.2.1 - Aquisição do arquivo “shapefile” de linhas de ônibus do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal.....	27
5.2.2 - Aquisição do arquivo “shapefile” das estações de metrô do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal.....	27
5.2.3 - Aquisição do arquivo shapefile das macrozonas utilizadas no Plano de Desenvolvimento do Transporte Público sobre Trilhos do Distrito Federal – PDTT/DF	28
5.2.4 - Aquisição do arquivo das áreas urbanas brasileiras produzido pela Embrapa	28
5.3 – MATERIAL NECESSÁRIO	28
5.4 - PROCEDIMENTOS	29
5.5 - ESQUEMAS DE REPRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA	39
5.6 - UTILIZAÇÃO DA LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO EM PYTHON	44
5.6.1 - Como desenvolver e utilizar o script em Python?.....	44
5.6.2 - Código comentado.....	44
6 - RESULTADOS E ANÁLISE	59

6.1. DESCRIÇÃO DOS DADOS	59
6.2. INTERPRETAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS	62
6.2.1. ANÁLISE DA MÉDIA, MEDIANA E DESVIO PADRÃO	62
6.2.2. ANÁLISE DOS GRÁFICOS	66
6.3. COMPARAÇÕES COM A LITERATURA	71
7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	74
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
ANEXOS	80

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - APRESENTAÇÃO

O Sistema de Transporte Público do Distrito Federal é ineficiente. Ele possui um custo elevado de operação, uma baixa frequência e uma alta porcentagem de viagens com destino a áreas centrais (METRÔ-DF, 2017). Alterações nessas características do sistema exigem atenção a fatores como a influência de custos operacionais, a análise de investimentos em infraestrutura e avaliação de benefícios para a sociedade (VUCHIC, 2004). O planejamento de transporte tem papel fundamental na construção e desenvolvimento de boas infraestruturas e melhorias na operação. Um dos aspectos importante do planejamento é o estabelecimento de uma boa relação entre a oferta e demanda do Transporte Público (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011; VUCHIC, 2004).

A oferta de Transporte Público deve atender de forma adequada a demanda da população. Essa oferta é composta de fatores como: itinerários, infraestrutura e serviços de informação (VUCHIC, 2004). Assim, são definidas linhas que em conjunto formam a rede de serviços ofertados pelo Transporte Público. A criação e desenvolvimento da rede deve estar relacionado com um bom planejamento, a fim de se obter um Sistema de Transporte Público eficiente.

A rede de Transporte Público deve ser desenhada para que as linhas estejam em uma distância física que permitam o acesso ao usuário, mas, também deve considerar outros fatores que garantem a viabilidade do uso do Sistema de Transporte Público pelo usuário. Entre eles está a disponibilidade de oferta de linhas de Transporte Público ao usuário. O estudo da disponibilidade de linha destaca que além do acesso físico ao Transporte Público é necessário criar uma oferta adequada as necessidades do usuário, isto é, fornecer um serviço com viagens rápidas, com baixo tempo de espera em paradas ou estações e com um nível de regularidade de cumprimento dos horários propostos aceitável (GOMIDE, LEITE, REBELO, 2006).

O Transporte Urbano no Distrito Federal é agravado pela influência de alguns pontos críticos de atratividade e geração de viagem, tais como: hospitais, universidades, centros comerciais, entre outros. Esses pontos exigem maior atenção sobre sua área de influência e o

perfil de usuários daquela região. A partir da análise desses fatores, é possível, construir uma série de alternativas e estratégias para mitigação dos efeitos nessas regiões (PARRA e PORTUGAL, 2006).

1.2 - PROBLEMA

A oferta de linhas do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal (STPC/DF) é pouco estruturada. São diversas linhas conectando regiões distantes com baixa frequência e tempo de espera elevado. Esse sistema é fruto de um desenvolvimento orgânico sem uma análise sistêmica. Uma das consequências relacionadas a esse modelo é a sobreposição de linhas de Transporte Público em determinados eixos, o que causa uma concorrência entre linhas e consequente baixa produtividade e alto custo de operação (METRÔ-DF, 2017).

Os usuários do campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília compõem parte da demanda que utiliza o Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal (STPC/DF). A oferta de Transporte Público disponível para os usuários do campus tem como característica o longo tempo de espera nas paradas da universidade, a baixa quantidade de oferta de ônibus e um tempo de viagem que pode ultrapassar mais de uma hora e meia (ARUWAJOYE, 2016). A fim de aprofundar o conhecimento sobre o serviço oferecido pelas linhas para acesso ao campus, cabe a pergunta: Como se caracteriza a disponibilidade da oferta de linhas em relação ao campus Darcy Ribeiro?

1.3 - OBJETIVO

1.3.1 - Objetivo geral

Caracterizar a disponibilidade da oferta de linhas de Transporte Público com destino ao campus Darcy Ribeiro por Região Administrativa utilizando das ferramentas de Sistema de Informações Geográficas e programação em Python.

1.3.2 - Objetivos específicos

- Identificar a quantidade de linhas diretas e integradas para o campus Darcy Ribeiro por Região Administrativa
- Identificar Regiões Administrativas com maior concentração de linhas que atendem o campus Darcy Ribeiro
- Identificar Regiões Administrativas com menor concentração ou ausência de linhas que atendem o campus Darcy Ribeiro
- Analisar a dispersão da quantidade de linhas em relação às Regiões Administrativas

1.4 - JUSTIFICATIVA

A relevância deste projeto em relação a sociedade está em sua contribuição sobre o aprofundamento da análise da oferta de Transporte Público do Distrito Federal e da Universidade de Brasília. É fundamental investigar a existência de desigualdades do serviço de Transporte Público. Afinal, o Sistema de Transporte Público deve garantir a mobilidade urbana de forma igual, pois, ele também é uma ferramenta de combate à pobreza e acesso a oportunidades de emprego e estudo (GOMIDE, LEITE, REBELO, 2006).

Ao utilizar ferramentas SIG e linguagem de programação em Python, o projeto incentiva o uso dessas tecnologias para o planejamento de transporte. É importante salientar que o SIG permite uma melhor coleta, armazenamento, representação, gestão e análise de dados georreferenciados, como aqueles utilizados em aplicações de transporte (CHANG, 2006). Em associação com o uso de linguagens de programação, isso possibilita a automação de tarefas e consequentemente traz soluções mais eficientes e robustas (ZANDBERGEN, 2015).

Este projeto foca em utilizar dados disponíveis ao público. Ele utiliza os dados georreferenciados das linhas ativas de ônibus, das estações do metrô disponibilizadas pela Secretaria de Transporte e Mobilidade (SEMOB) e Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação (SEGETH) do Distrito Federal, os quais foram criados para auxiliar o desenvolvimento de políticas públicas (SEDUH, 2016). Além disso, também utiliza os dados

da área urbana brasileira disponibilizado pela Embrapa, o qual foi desenvolvido com intuito de ser uma ferramenta de fomento ao planejamento (FARIAS, 2017).

Além dos fatores já citados, é importante considerar a Universidade de Brasília e seu efeito ao Transporte Público. O campus Darcy Ribeiro representa um cenário de crescimento populacional, aumento da quantidade de automóveis e densidade urbana do Brasil e do Distrito Federal. Ele necessita de ferramentas e conhecimento de planejamento de transporte. A universidade é um ambiente interessante para uma análise local que possa representar o comportamento geral e auxiliar o planejamento de cidades.

1.5 - METODOLOGIA

A fim de atingir o objetivo de caracterização da disponibilidade da oferta de linhas para acesso ao campus Darcy Ribeiro, optou-se por utilizar como medida de disponibilidade de oferta a quantidade de linhas diretas e integradas do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal (STPC/DF) por Região Administrativa (RA's). A contagem de linhas por RA é realizada com a verificação da intersecção da área de cobertura da linha e da área urbana de uma Região Administrativa (RA). Essa tarefa pode ser realizada de forma mais eficiente com a utilização de dados georreferenciados e com o uso de um Sistema de Informações Geográficas (SIG).

Este projeto utiliza o software ArcGIS, como interface para o SIG, e a programação em Python para execução das ferramentas de geoprocessamento dos dados georreferenciados. Os dados georreferenciados se referem a arquivos shapefile das estações de metrô, linhas de ônibus, área das Regiões Administrativas (RA's) e áreas urbanas do Brasil. Essas ferramentas são utilizadas para possibilitar a contagem de linhas dos arquivos shapefile. Entre elas estão as ferramentas de análise Buffer, de dissolução de feições, intersecção e intersecção tabular.

Assim, a metodologia é composta da seguinte ordem: coleta dos arquivos shapefiles, adequação dos dados dos arquivos shapefiles, testes de uso do software ArcGIS, criação do código em linguagem Python, execução das ferramentas de geoprocessamento, coleta e análise dos dados de quantidade de linhas.

2 - DISPONIBILIDADE DE OFERTA DE TRANSPORTE PÚBLICO URBANO

2.1 - DISPONIBILIDADE DE OFERTA DE LINHAS

2.1.1 - Significado de maior quantidade de linhas disponíveis

Define-se linha de transporte público como: a infraestrutura (estações e paradas) e serviço disponibilizado em um percurso fixo por veículos ou trens em uma determinada escala de horário (VUCHIC, 2004). Uma das características para um serviço de transporte público adequado é a disponibilidade de linhas de transporte público acessíveis a população. O fator disponibilidade está relacionado ao número de linhas (serviço ofertado), o tempo de espera e de viagem. A análise deste trabalho recai sobre a primeira característica citada: o número de linhas ofertadas do Sistema de Transporte Público.

O serviço de Transporte Público possui a função de atender as necessidades dos usuários no início (tempo de espera, distância de acesso), meio (tempo de viagem, conforto) e fim da viagem (distância de caminhada do destino, segurança). Problemas em relação à oferta e à disponibilidade estão ligados à irregularidade nos horários, aos atrasos e à falta de confiabilidade (GOMIDE, LEITE, REBELO, 2006).

Sob o ponto de vista do passageiro, a disponibilidade de uma maior quantidade de linhas do Sistema de Transporte Público pode ser benéfica, pois, ela está relacionada com o aumento de oferta disponível, confiabilidade e acessibilidade no deslocamento ao usuário (GOMIDE, LEITE, REBELO, 2006). Entretanto, em geral, ela prejudica a eficiência e qualidade global do serviço (FERRAZ, TORRES, 2001). É preferível uma menor quantidade de linhas com maior frequência e qualidade. Isso está relacionado com o fato de que linhas com maior qualidade são mais atrativas, trazendo usuários mais distantes que o normal. Elas são mais simples de administrar e de aprimorar (FERRAZ, TORRES, 2001; VUCHIC, 2004).

2.1.2 - Quantidade de linhas e sua relação com a oferta, confiabilidade e acessibilidade

A disponibilidade de oferta de linhas do Sistema de Transporte Público está relacionada indiretamente com outros fatores, como oferta, confiabilidade e acessibilidade. O maior número de linhas pode estar associado com um maior número de viagens disponíveis ao usuário, uma maior quantidade de destinos possíveis e um menor tempo de espera.

A quantidade de linhas disponíveis para o usuário está relacionada com a oferta do Sistema de Transporte Viário para o deslocamento. Mais linhas disponíveis em uma origem para um determinado destino significa maior quantidade de veículos atendendo uma mesma região, ou seja, maior capacidade para atender a demanda. A presença de mais de uma linha para atender a demanda pode significar aumento da oferta disponível. Com maior capacidade e manutenção da mesma quantidade de intervalo de tempo para todas as linhas ocorre a diminuição do tempo de intervalo para o usuário desse local de superposição de áreas de influência de linhas (FERRAZ, TORRES, 2001).

Maior quantidade de oferta ao usuário traz mais confiabilidade, pois, existe uma gama de opções. A confiabilidade é o grau de certeza que o veículo vai passar e chegar no horário previsto com uma margem de tolerância aceitável. Ela engloba a pontualidade de chegada do veículo e efetividade de cumprimento de viagens programadas. Existem diversos fatores que podem ocasionar atrasos e impedimento de realização de viagens, tais como: defeitos no veículo, acidentes de trânsito, congestionamento, discussões, acidentes com os passageiros, assalto, etc (FERRAZ, TORRES, 2001).

Maior quantidade de oferta traz mais acessibilidade ao usuário, pois, a mesma oferece mais possibilidades de desembarque. Acessibilidade é a facilidade do deslocamento da origem até o embarque e do desembarque até o destino final da viagem. A facilidade engloba aspectos como a distância percorrida, condições de declividade, calçadas, facilidade para cruzar ruas, iluminação e segurança pública. A avaliação da acessibilidade pode ser feita por dois parâmetros: a soma da distância entre a origem e o embarque e o desembarque e o destino final ou a caracterização da comodidade do percurso segundo os fatores já citados (FERRAZ, TORRES, 2001).

2.2 - ÁREA DE COBERTURA, DISTÂNCIA DE ACESSO E DISPONIBILIDADE

O acesso físico do usuário a oferta de linhas do Sistema de Transporte Público acontece por meio do deslocamento do usuário até as estações de metrô e/ou paradas de ônibus. Conforme a atratividade do serviço, o usuário tem mais propensão a percorrer uma maior ou menor distância para acesso ao Sistema de Transporte Público. Portanto, a disponibilidade de oferta está relacionada a proximidade dessas infraestruturas ao usuário, a atratividade e a área de cobertura do Sistema de Transporte Público.

Segundo Vuchic (2004), a área de cobertura de uma linha de transporte público é a área urbana em que a maior parte (75%) dos usuários potenciais considera como acessível para uso. Ela é determinada pela distância máxima que pode ser percorrida pelo usuário. Considerando que as pessoas podem acessar as estações ou paradas de qualquer posição a partir de uma linha reta, a área de cobertura de uma estação é a área de superfície de um círculo no qual o seu raio é igual à distância máxima que pode ser percorrida a pé.

A área de cobertura é uma medida importante para a avaliação de viabilidade de um Sistema de Transporte Público. Isso, pois, ela está diretamente relacionada o fator de atratividade de passageiros. Quanto maior a área de cobertura, maior a quantidade de passageiros atendidos. Maximizar a área de cobertura possibilita uma maior atração de passageiros e conseqüentemente torna o sistema mais eficiente e econômico (VUCHIC, 2004).

A área de cobertura é uma medida que possibilita rápida comparação entre diversas cidades devido a sua simplicidade. É importante ressaltar que se prefere essa medida, pois, em países com renda baixa e média existe uma dificuldade de se obter dados precisos sobre Transporte Público (MARKS et al., 2016).

2.2.1 - Distância de acesso ao ônibus

Segundo Vuchic (2004), ao se planejar uma linha de transporte público, considera-se que a maior parte dos usuários potenciais realiza um deslocamento entre a sua origem e a estação ou parada de embarque para o Transporte Público com o tempo de viagem de no máximo 5 minutos. Em termos de distância, esse tempo de viagem é equivalente à distância a

pé de 400 metros. Essa é a área considerada como primária para acesso ao Sistema de Transporte Público. Também, se considera uma área secundária de cobertura com a distância a pé entre 400 e 800 metros e com o tempo de viagem máximo de 10 minutos.

Sob a perspectiva do passageiro e sua avaliação em relação à qualidade do serviço ofertado, a distância de acesso considerável como aceitável possui outros valores. Segundo Ferraz e Torres (2001), a distância de caminhada no início e no fim da viagem deve ser:

- Menor que 300 metros (serviço considerado como bom)
- Entre 300 metros e 500 metros (serviço considerado como regular)
- Maior que 500 metros (serviço considerado como ruim)

A distância de acesso ao Transporte Público é influenciada pelo modo que se utiliza, pela densidade de área da região atendida, pela prática de carona e estacionamento nas regiões próximas do Sistema de Transporte Público. Quanto maior a qualidade, eficiência do modo maior a distância de acesso aceita pelo usuário. Já em relação a áreas muito densas, recomenda-se o contrário, utilizar uma menor distância de acesso (VUCHIC, 2004).

2.2.2 – Área de cobertura e distância de acesso a sistemas metroviários

A área de cobertura de um sistema de transporte metroviário é a principal medida relacionada com a sua viabilidade, isto, pois, ela está relacionada com a maximização do número de passageiros potenciais para esse sistema (VUCHIC, 2004). Além de estar relacionada com a eficiência econômica do sistema, a maximização da área de cobertura permite maior acesso e consequentemente maior equidade e sustentabilidade da mobilidade urbana (MARKS et al., 2016).

A área de cobertura de sistemas de transporte de média e alta capacidade, como metrô, BRT e VLT, é representada fisicamente por um círculo de raio igual à distância de um quilômetro com centro nas estações e paradas. Essa é a distância máxima considerada como

aceitável para o usuário desses modos. Esse percurso deve ter tempo de deslocamento entre 10 e 15 minutos, o que é representado pela distância de 1000 metros (MARKS et al., 2016).

A distância de acesso para transportes de média e baixa capacidade é maior do que para transportes de baixa capacidade, isto, pois, transportes de alta capacidade são mais atrativos, competitivos e eficientes para o usuário. Eles representam menor tempo de espera, maior velocidade operacional e maior confiabilidade (MARKS et al., 2016).

2.2.3 – Área de cobertura e Área urbana

A área de cobertura de um Sistema de Transporte Público é medida em relação a área urbana na qual o sistema é atrativo para maior parte dos usuários. Assim, torna-se importante a definição de área urbana para determinação da área de cobertura das linhas do Sistema de Transporte Público.

Segundo Farias et al. (2017), a identificação da localização de áreas urbanas é um estudo relevante que serve como subsídio ao planejamento de políticas públicas e pesquisas científicas sobre a infraestrutura de transporte. Identificar essas regiões é de suma importância, pois, a maior parte da população mundial reside em cidades, locais onde existe a concentração de residência, infraestrutura e serviço público, comércio e indústria. No Brasil, mais de 80% da população vivem em áreas urbanas.

Farias et al. (2017) realizou um trabalho de identificação, correção e mapeamento das áreas urbanas desenvolvido pela Embrapa Gestão Territorial em Campinas/SP (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Ele define as áreas urbanas pela identificação através do reconhecimento de suas estruturas físicas, como residências, loteamentos com ruas e construções industriais. Essa pesquisa gerou um arquivo em formato shapefile que é utilizado como subsídio para identificação de áreas urbanas deste Projeto Final. Visto que a identificação de áreas com maior percentual da população é de interesse do Transporte Público (VUCHIC, 2004; FERRAZ, TORRES, 2001).

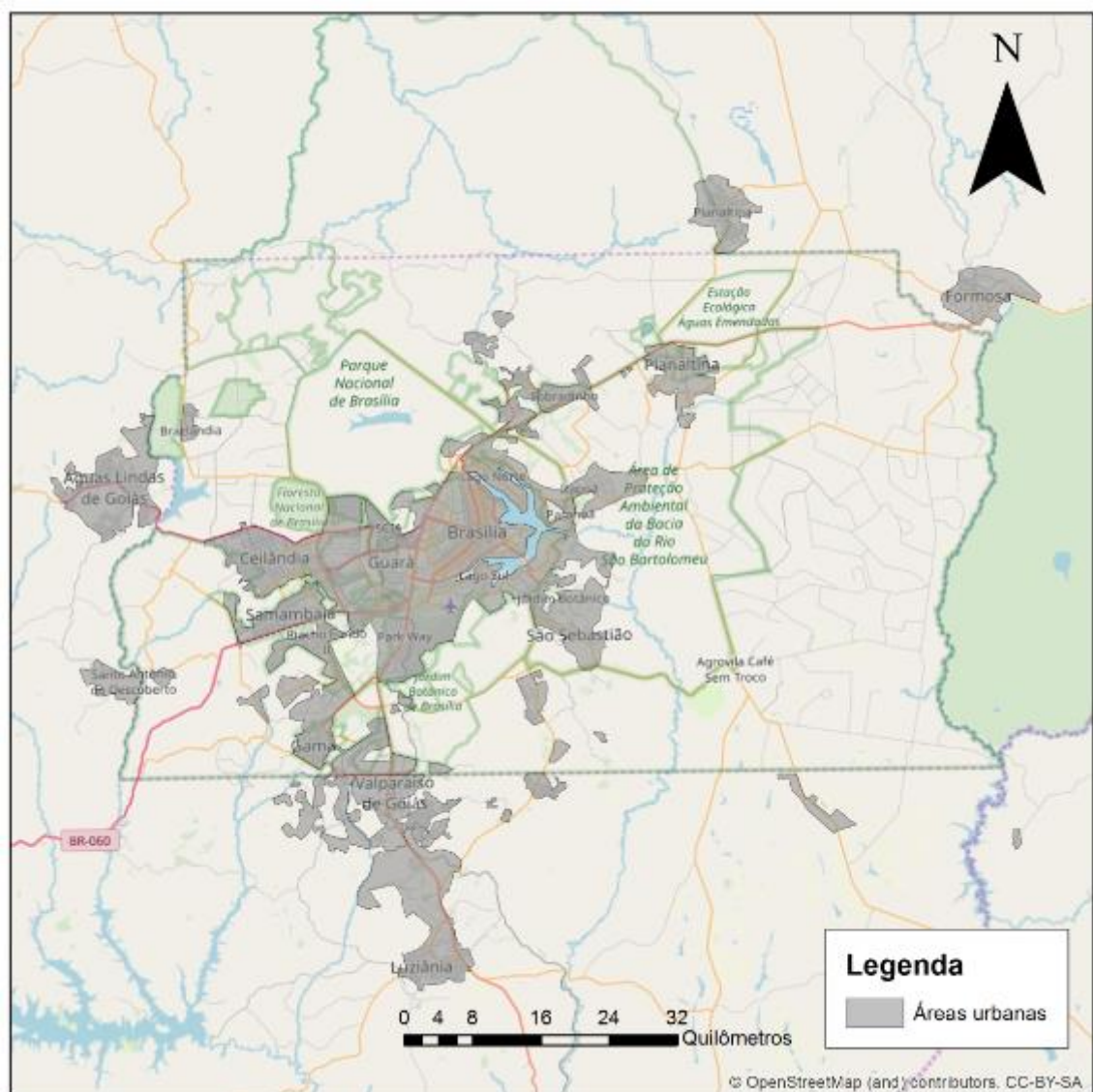


Figura 2.1 - Representação no software ArcGIS das áreas urbanas (em cinza) do Distrito Federal sobre o mapa base do OpenStreetMap

Fonte: Própria (2019)

3 - SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

A ineficiência da infraestrutura pública de transporte está relacionada com a ênfase no planejamento de curto prazo, descrédito do planejamento em nível estratégico, investimento limitado e constante crescimento das cidades (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011; ROCHA, 2010). Associado a ineficiência, o congestionamento, o número de acidentes, a dificuldade de acessibilidade, entre outros problemas persistem e se inovam de forma mais complexa (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011). Diante desse cenário, o fornecimento de alternativas que reduzam esses efeitos é bem-vindo, tais como, uso do Transporte Público, integração entre modos, o uso de bicicletas, entre outras estratégias. (PARRA e PORTUGAL 2006).

O Transporte Público diminui a quantidade de congestionamento, provê maior igualdade de acesso e contribui para a qualidade de vida urbana (VUCHIC, 2004; LEI, 2010). O efeito do Transporte Público em países em desenvolvimento, como o Brasil, é maior, pois, abrange uma maior quantidade de pessoas e supre a oferta que o modo rodoviário não é capaz de suportar (VUCHIC, 2004). O Transporte Público prove acesso ao trabalho e ao centro da cidade. Ele constitui uma alternativa importante em relação ao automóvel, especialmente, em ambientes urbanos, em grandes cidades, em cidades universitárias e locais de alta concentração de pessoas (LEI e CHURCH, 2010), como é o caso de Brasília.

O Transporte Público no Distrito Federal é frequentemente afetado pela saturação de suas vias. Os ônibus possuem baixa velocidade operacional, tempos de viagem extensos e custos de operação altos. Esses efeitos negativos estão relacionados com o congestionamento, o qual ocorre tanto nas viagens entre as regiões administrativas quanto nas viagens locais (na própria região administrativa) (GDF, 2010).

3.1 - SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO COLETIVO DO DISTRITO FEDERAL

O Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal (STPC/DF) oferece dois tipos de serviço: o básico e o complementar. O Serviço Básico é composto por linhas rodoviárias e metroviárias que atendem as principais necessidades de deslocamento da população. Elas representam cerca de 93% das linhas ofertadas. O Serviço Complementar é composto do serviço rural e o transporte da vizinhança, representando 7% das linhas de ônibus

em operação (GDF, 2010). A fim de analisar somente as principais linhas do Distrito Federal, este trabalho optou por focar o estudo nas linhas do Serviço Básico do STPC/DF.

Em março de 2009, o Serviço Básico Rodoviário do STPC/DF ofertava 966 linhas, com a realização diária 22 mil viagens e com a produção quilométrica de 886 mil quilômetros em dias úteis. O número de lugares ofertados diariamente era de 1,76 milhões, com a ocupação em média de cerca de 62% dos lugares ofertados. Esse serviço é ofertado por uma empresa pública, treze privadas e 4 cooperativas, atendendo às trinta Regiões Administrativas do Distrito Federal (GDF, 2010).

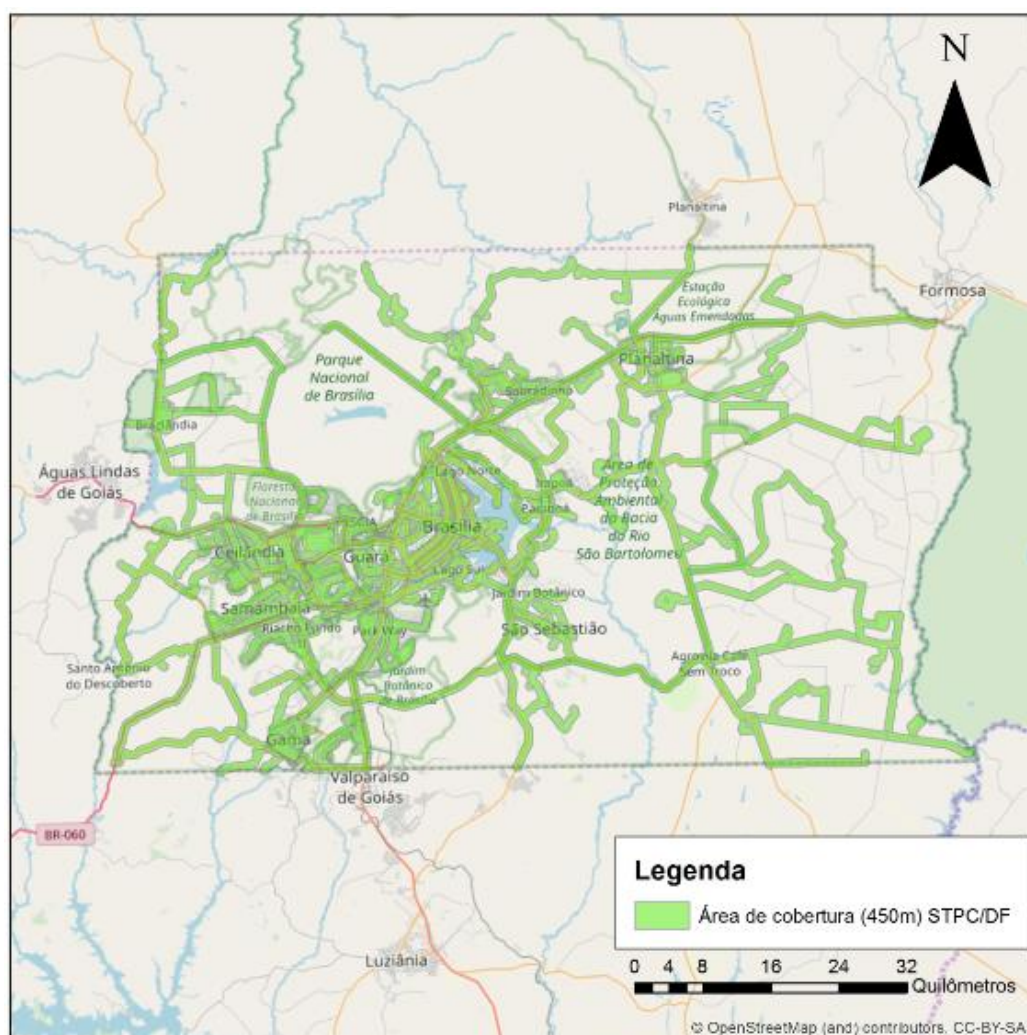


Figura 3.1 - Representação no software ArcGIS da área de cobertura (em azul) do STPC/DF sobre o mapa base do OpenStreetMap

Fonte: Própria (2019)

O Serviço Básico Metroviário é composto por duas linhas: uma que atende o Ramal Ceilândia e outra que atende o Ramal Samambaia. A partir de abril de 2008, o metrô passou a ofertar por mês 15 mil viagens, com a produção quilométrica de 270 mil quilômetros. Diariamente, ele oferece 422 mil lugares e atende cerca de 151 mil passageiros (GDF, 2010).

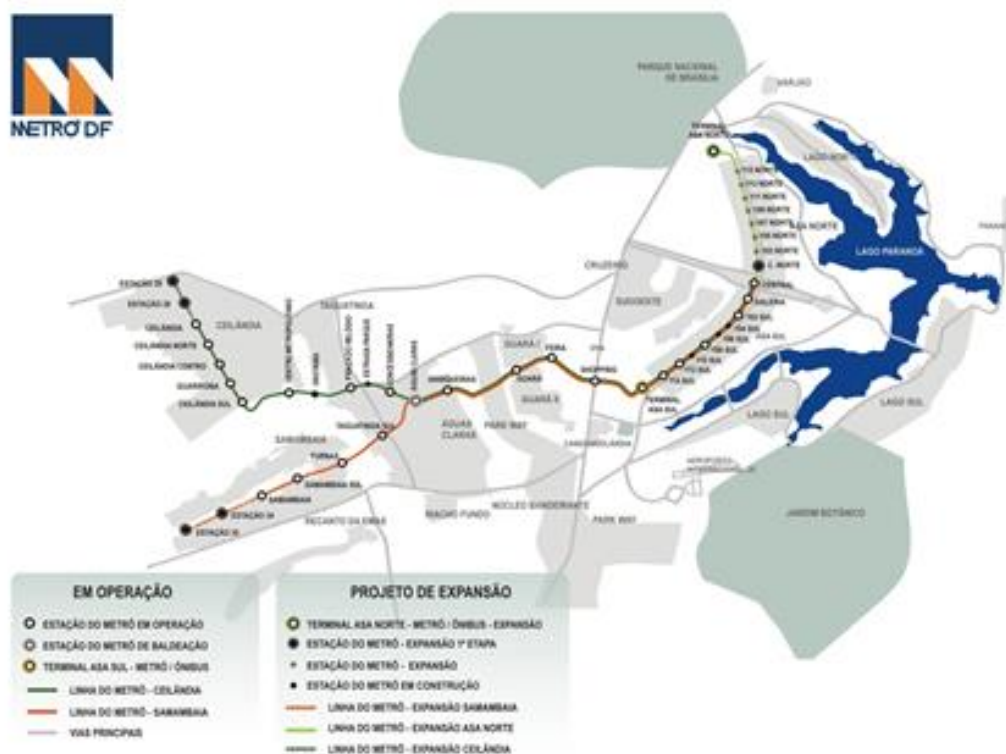


Figura 3.2 - Representação das linhas do modo metroviário do STPC/DF

Fonte: Metrô – DF

3.1.1 - Sistema de Transporte Público Coletivo Semiurbano

O Distrito Federal possui um fenômeno praticamente único no Brasil em termos de dimensão, o transporte rodoviário interestadual. Ele é responsável por ligar o Distrito Federal aos municípios do seu entorno e apresentou um volume de aproximadamente 58 milhões de passageiros em 2007. Nesse período, existiam 30 linhas oficiais, as quais atendiam os municípios de Formosa, Planaltina, Águas Lindas de Goiás, Santo Antônio do Descoberto,

Novo Gama, Cidade Ocidental, Luziânia e Valparaíso do Goiás, e cerca de 500 linhas não oficiais. A extensão de quilômetros percorridos foi de 7 milhões de quilômetros e 128 mil viagens. Essas linhas não fazem parte da rede de Serviço Básico do STPC/DF, entretanto, utilizam as paradas e terminais rodoviários e causam superposição de linhas (GDF, 2010).

3.2 - PADRÃO DE COMPORTAMENTO DO TRANSPORTE DO DISTRITO FEDERAL

O Distrito Federal é dividido em Regiões Administrativas e o município de Brasília. Ele foi construído de tal forma que se formou uma concentração de empregos e oportunidades no centro desse núcleo urbano e grandes distâncias entre as Regiões Administrativas, local em que se localiza a maior parte dos domicílios. Como consequente disso, existe alta concentração de demanda em horários específicos: na manhã no sentido periferia/centro e a tarde no sentido centro/periferia, caracterizando um movimento pendular da demanda (GDF, 2010).

Essa configuração da demanda como um movimento pendular cria diversos problemas para a oferta de transporte, como linhas ociosas e veículos superlotados que vão ao sentido de maior demanda e retornam praticamente vazios. Além disso, a capacidade oferecida é muito maior que a demanda. Fora do horário de pico, cerca de 40% da frota fica paralisada. A consequência principal dessa organização é a ineficiência e altas tarifas do Sistema de Transporte Público (GDF, 2010).

Apesar dos principais deslocamentos estarem relacionados ao deslocamento no sentido centro/periferia ou sentido periferia/centro, o congestionamento das vias do Distrito Federal ocorre tanto em vias de ligação entre Regiões Administrativas e centro, como em vias nos centros urbanos, principalmente nos horários de pico (GDF, 2010).

3.3 - RODOVIÁRIA DO PLANO PILOTO

O Sistema de Transporte Público Coletivo (STPC/DF) possui cerca de 21 terminais, sendo um dos pontos principais a Rodoviária do Plano Piloto. Ela é um grande terminal

localizado na área central de Brasília. Esse terminal atende praticamente todas as Regiões Administrativas e municípios do Entorno. Cerca de 600 mil pessoas circulam pela rodoviária diariamente. Esse terminal tem sua capacidade totalmente saturada seja para atender os passageiros, seja para permitir a circulação de ônibus. Ela é considerada um ponto de estrangulamento de equipamentos e infraestrutura para a operação do Distrito Federal (GDF, 2010).

A Rodoviária do Plano Piloto é o centro integrador do Distrito Federal. Ela integra diversos sistemas de transporte, entre eles, ônibus, BRT e metrô. Além disso, ela também é um centro concentrador de viagens. Parte disso, pois, o Plano Piloto é a região que concentra a maior parte das oportunidades de emprego e estudo (GDF, 2010).

3.4 - CAMPUS DARCY RIBEIRO – UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Dentro do contexto do Transporte do Distrito Federal está a Universidade de Brasília. Ela é uma instituição de ensino, pesquisa e extensão, sendo uma das principais referências acadêmicas nacionais, criada em 1962. Atualmente, a instituição é dividida entre 4 campus: Darcy Ribeiro, Ceilândia, Planaltina e Gama. O primeiro campus a ser criado e que possui mais atividades é o campus Darcy Ribeiro. Ele possui uma área total de 3.950.579,07 m² e uma área construída de 552.171,40 m², enquanto, a soma da área construída dos câmpus de Ceilândia, Planaltina e Gama tem de cerca de 30 mil m².

O campus Darcy Ribeiro é composto por instituições como: a Biblioteca Central (BCE), o Restaurante Universitário (RU), Centro Olímpico (CO) e diversos outros institutos e departamentos de graduação, pós-graduação e extensão. Próximo ao campus está o Hospital Universitário de Brasília – HUB, o qual possui área construída de 53.666,59 m² e realiza mais de 5 mil cirurgias por ano. A BCE possui um acervo de 545.874 livros e mais de 6 mil usuários por dia. O RU possui uma média de 6.730 refeições por dia. (FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 2018).

A população universitária da Universidade de Brasília cresceu no período entre 2013 e 2017. Em 2013, haviam 48.098 pessoas. Em 2017, esse valor subiu para 53.657 pessoas. Essa população é composta por alunos, docentes e técnicos-administrativos. Além desses números,

existem pessoas não contabilizadas, como: comerciantes, trabalhadores indiretos e visitantes (FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 2018).

A Universidade de Brasília é um local que influencia o transporte no Plano Piloto. Ele pode ser considerado um grande polo gerador de viagem (PGV). Como tal, ele produz uma série de efeitos negativos: aumenta a demanda por estacionamento, reduz o nível de serviço e a segurança da via. A universidade é um centro urbano que compõe atividades como: pesquisa, moradia, comércio, serviços de saúde, entre outros. Ela atrai e gera uma quantidade expressiva de viagens. Ela é um ponto crítico para a mobilidade e acessibilidade da cidade (OLIVEIRA, 2015). A mitigação dos efeitos negativos dos deslocamentos para o campus universitário deve fazer parte do planejamento e gestão do sistema de mobilidade (OLIVEIRA, 2015).

Os câmpus universitários podem possuir um sistema de mobilidade tão complexo quanto o de pequenas cidades. Basta observar que os mesmos possuem uma diversidade de atividades, como: dormitórios estudantis, comércio, serviços bancários e de saúde. Dessa forma, a universidade é um ambiente em que o deslocamento interno é tão importante como o deslocamento externo (OLIVEIRA, 2015).

3.4.1 - PÓLOS GERADORES DE VIAGENS

A universidade é um local que gera e atrai um número significativo de viagens. Ela impacta de forma negativa o sistema de transporte da região. Isto é, prejudica a acessibilidade e mobilidade da região, aumenta a demanda por estacionamentos, reduz o nível de serviço e a segurança viária (DENATRAN, 2001). Por esses motivos, ela pode ser considerada como um grande polo gerador de viagens (PGV's). Conforme descrito por (REDE PGV, 2018), pólos geradores de viagens podem ser definidos conforme a tabela 1.1 a seguir:

Quadro 3.1 - Diversas definições para polo gerador de viagem

Fonte	Conceitos
CET-SP (1983)	Empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação em seu entorno imediato, podendo prejudicar a acessibilidade de toda uma região, ou agravar condições de segurança de veículos e pedestres, ou ainda Edificações ou instalações que exercem grande atratividade sobre a população, mediante a oferta de bens ou serviços, gerando elevado número de viagens, com substanciais interferências no tráfego do entorno e a necessidade de grandes espaços para estacionamento ou carga e descarga.
DENATRAN (2001)	Empreendimentos de grande porte que atraem ou produzem grande número de viagens, causando reflexos negativos na circulação viária em seu entorno imediato e, em alguns casos, prejudicando a acessibilidade da região, além de agravar as condições de segurança de veículos e pedestres
Portugal e Goldner (2003)	Locais ou instalações de distintas naturezas que desenvolvem atividades de porte e escala capazes de produzir um contingente significativo de viagens.

Fonte: Própria (2019)

A determinação e classificação de um empreendimento pode ser feita de acordo com o critério considerado pelo seu município. A fim de mostrar a dimensão do campus Darcy Ribeiro – Universidade de Brasília como um pólo gerador de viagem, compara-se e tenta se inserir o campus dentro dos critérios de PGV's de diversos municípios. A tabela a seguir, mostra esse resultado:

Quadro 3.2 - Critérios e avaliação do campus Darcy Ribeiro como PGV

Município	Critérios	Campus Darcy Ribeiro
Curitiba	Área construída $\geq 5.000 \text{ m}^2$	552.171,40 m ²
Belo Horizonte	Área construída $\geq 6.000 \text{ m}^2$	
São Paulo	Vagas internas ≥ 200 vagas	3600 vagas (CEPLAN/UNB)
João Pessoa	Reuni mais de 300 pessoas sentadas	Cerca de 50 mil alunos regulares

Fonte: Própria (2019)

4 - IMPORTÂNCIA DO USO DO SIG E PYTHON

A evolução da capacidade viária não é capaz de acompanhar o crescimento da demanda por transporte causado pelo aumento da urbanização e da complexidade das relações urbanas. Nesse sentido, soluções, como, o investimento em grandes obras viárias e criação de novos serviços perdem prioridade em comparação com alternativas que priorizem o aumento da eficiência, a reestruturação de serviços e a melhoria na operação do transporte urbano (SCARINGELLA, 1983).

As soluções dos problemas do Transporte exigem boas práticas administrativas, profissionais capacitados e boa comunicação com tomadores de decisão, mídia e público (ORTÚZAR e WILLUMSEN, 2011). Esses profissionais podem ser auxiliados por ferramentas como o Sistema de Informação Geográfica (SIG). Esse sistema permite a análise, a organização, o cálculo e a representação espacial de dados de diversas fontes (WAERDEN e TIMMERMANS, 1995; ROCHA, 2010). Segundo Chang (2006), ele é um sistema de computador capaz de armazenar, capturar, consultar e analisar dados espaciais, os quais também são chamados de dados geoespaciais ou georreferenciados. A análise de dados geoespaciais é uma parte essencial para a tomada de decisão e planejamento (TATEOSIAN, 2015).

É importante considerar que a utilização de uma abordagem com o uso de SIG deve preceder uma série de atividades prévias, tais como: identificação de informações prévias, bases de dados e mapas já disponíveis, levantamento de dados necessários a ser obtidos, identificação hardware e software necessário (TIMMERMANS e WAERDEN, 1995; SILVA, WAERDEN e MANZATO, 2013).

4.1 - EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA SIG

O Sistema de Informação Geográfica é utilizado em áreas como: controle do uso do solo, desastres naturais, manejo florestal, entre outros. Em especial, vale ressaltar o seu uso na área de transporte (CHANG, 2006). De tal forma, que se tornou consenso a importância do uso de SIG para o planejamento de transportes (SILVA, WAERDEN e MANZATO, 2013). Por exemplo, o arquivo vetorial da área urbana brasileira utilizado neste projeto como dado de

entrada é proveniente da utilização de uma ferramenta SIG pela Embrapa. Com base nos dados do Censo 2010 e imagens de satélites de alta resolução foi possível a melhoria na delimitação da área urbana brasileira. Esse arquivo foi desenvolvido pela Embrapa Gestão Territorial, no intuito de possibilitar a integração e associação com outros conjuntos de dados georreferenciados (FARIAS et al., 2017).

Em relação a área de transporte, utiliza-se a ferramenta SIG para representação e análise de índices de sustentabilidade (OLIVEIRA, 2015), de acessibilidade (MAVOA et al., 2012; LEI e CHURCH, 2010), de vulnerabilidade (RODRÍGUEZ-NÚÑEZ e GARCÍA-PALOMARES, 2014). Por exemplo, LEI e CHURCH (2010) relacionaram as linhas, frequências e itinerários do Transporte Público de Santa Barbara - Califórnia para determinar o tempo que se leva para alcançar qualquer destino partindo do campus Santa Barbara da Universidade da Califórnia, como é representado na figura 4.1. Já Rodríguez-Núñez e García-Palomares (2014) inserem os dados do sistema metroviário de Madrid e o utilizam para representação (figura 4.2) e análise a fim de analisar a vulnerabilidade do sistema. Essas aplicações demonstram o potencial das ferramentas SIG, as quais podem auxiliar na inserção, no cálculo de fórmulas e na representação espacial.

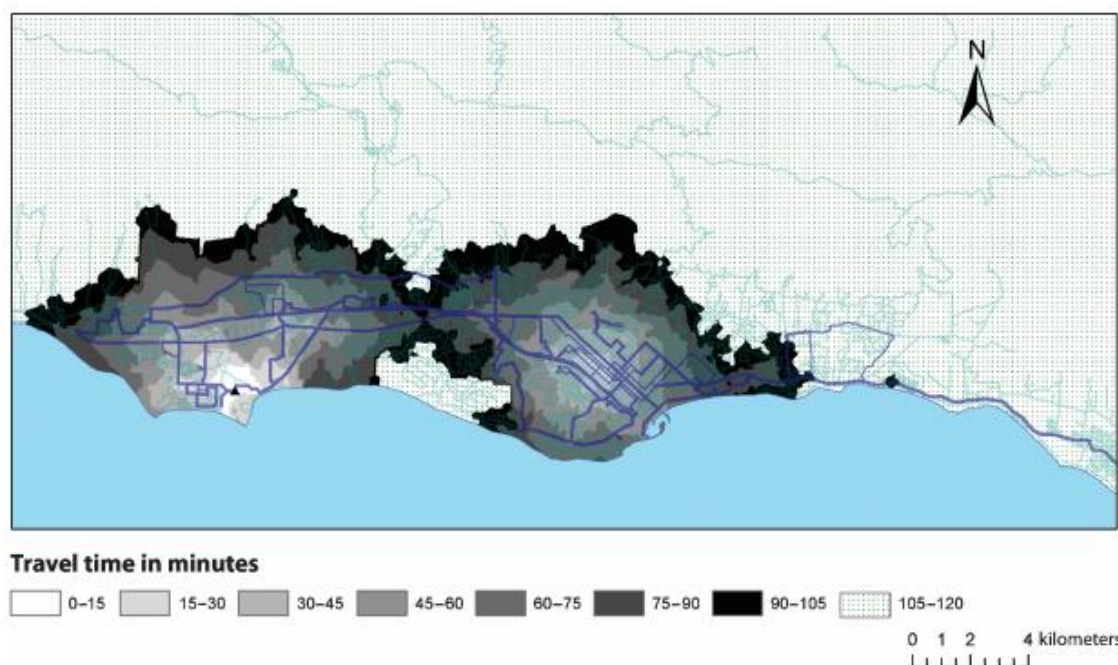


Figura 4.1 - Representação do tempo de viagem para deixar o campus de Santa Barbara às 17:00 para qualquer localização no mapa

Fonte: Lei e Church, 2010

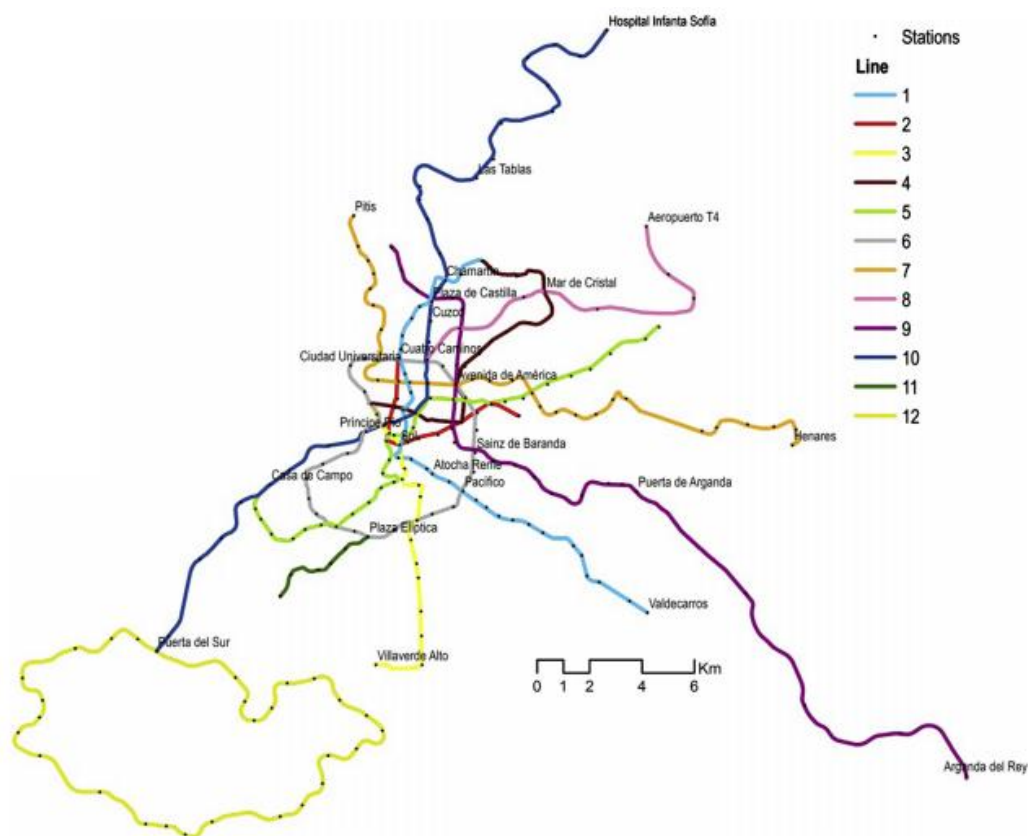


Figura 4.2- Esquema de representação da rede de Metrô de Madri

Fonte: Rodríguez-Núñez e García-Palomares, 2014

4.2 - O USO DA PROGRAMAÇÃO NO PLANEJAMENTO

O uso da linguagem de programação e script em tarefas de análise de dados geoespaciais possibilitam o aumento de eficiência, produtividade, compartilhamento de tarefas e resultados. Isso, pois, a análise de dados é composta por uma grande gama de tarefas que pode se repetir periodicamente, tais como a análise, a coleta, o armazenamento de uma grande quantidade de listas e de tabelas, a manutenção de bancos de dados. Manualmente, essas tarefas consomem grande quantidade de tempo e estão propensas a erros. Conforme, há o aumento da complexidade e tamanho da tarefa, ela se torna impraticável de ser feita manualmente (TATEOSIAN, 2015). Esses fatores motivam o uso de scripts para automatização de tarefas, o que proporciona a execução de tarefas em menor tempo e a melhoria da eficiência e robustez do processo de análise de dados geoespaciais (TATEOSIAN, 2015; ZANDBERGEN, 2015).

4.3 - CARÊNCIA DE PROFISSIONAIS CAPACITADOS PARA UTILIZAÇÃO DAS FERRAMENTAS DE SIG E PROGRAMAÇÃO

O SIG permite uma melhor manipulação de dados, a sistematização de processos e a aplicação de uma maior variabilidade de soluções para cada tipo de problema (ROCHA, 2010). Entretanto, ele exige uma capacitação prévia e experiência na área. Novas ferramentas SIG têm sido desenvolvidas, mas a falta de profissionais capacitados limita o seu uso. Entre os possíveis motivos estão relacionados a qualidade dos manuais e limitações dos softwares. Isso também pode ser encarado como uma oportunidade, pois, há uma demanda crescente do mercado por profissionais capacitados (WAERDEN e TIMMERMANS, 1995; SILVA, WAERDEN e MANZATO, 2013).

Apesar da carência de profissionais capacitados, é importante ressaltar o impacto da programação e a facilitação do aprendizado de linguagens de programação. Pequenos avanços no uso da linguagem de programação possibilitam bons resultados na execução de tarefas mais complexas que envolvem dados geoespaciais. Poucas linhas de código são suficientes para automatizar diversas tarefas de geoprocessamento. Linguagens de programação como o Python permitem o rápido aprendizado e trazem resultados poderosos. O uso do Python para automação e ampliação das possibilidades de utilização de programas de SIG, como o ArcGIS, tornou-se um aspecto fundamental para profissionais da área de SIG (ZANDBERGEN, 2015).

5 - METODOLOGIA

Este subcapítulo do projeto visa apresentar uma sequência de etapas para a execução da metodologia proposta. Aqui há um foco maior nos detalhes de cada passo. A metodologia consiste basicamente em determinar a área de cobertura das linhas do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal (STPC/DF) e comparar isso com a área urbana das Regiões Administrativas para posteriormente identificar o número de linhas por Região Administrativa. Optou-se pelo uso de dados georreferenciados (no formato shapefile) e das ferramentas de geoprocessamento do software ArcGIS para a execução dessas tarefas.

O objetivo deste trabalho é identificar a quantidade de linhas diretas e integradas do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal (STPC/DF) disponíveis em cada Região Administrativa para acesso ao campus Darcy Ribeiro. A fim de concluir essa tarefa, optou-se pelo desenvolvimento de um algoritmo que permita a identificação da quantidade de linhas de Transporte Público por região para acesso a determinado destino. A metodologia é constituída de três pilares: o uso de ferramentas de geoprocessamento do software ArcGIS, a execução de comandos pela linguagem de programação Python e os conceitos de Transporte e Sistemas de Informações Geográficas para desenvolvimento do trabalho e do algoritmo.

A metodologia consiste em uma sequência de execução de ferramentas de geoprocessamento (“Análise Buffer”, “Juntar”, “Dissolver”, “Interseccionar” e “Intersecção tabular”) do software ArcGIS executados através de um script em Python. O produto da execução dos comandos são tabelas em Excel que contêm o número das linhas do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal (STPC/DF) e a área urbana de cada Região Administrativa do Distrito Federal atendida por elas. Assim, com o uso do Excel, calcula-se a quantidade de linhas por cidade e a área urbana que elas atendem.

Os seguintes materiais são necessários para que a metodologia seja executada: as linhas ou estações/paradas de Transporte Público, as áreas urbanas das Regiões Administrativas, a região de destino que se quer analisar, no caso, o campus Darcy Ribeiro e suas imediações. Esses dados devem ser georreferenciados permitindo o uso dos mesmos no software ArcGIS, preferencialmente, no formato “shapefile”.

5.1 - FUNDAMENTAÇÃO DO MÉTODO

5.1.1 - Por que escolher quantidade de linhas como uma medida?

A escolha da quantidade de linhas como um parâmetro de comparação entre Regiões Administrativas busca analisar de forma preliminar a disponibilidade de oferta de Transporte Público para determinado destino. Vale ressaltar que a disponibilidade também está relacionada a fatores como, o tempo de espera, o tempo de viagem e a confiabilidade (GOMIDE, LEITE, REBELO, 2006). Esses fatores exigem o conhecimento da tabela horária, frequência de atendimento, quantidade de viagens ofertadas que foram cumpridas, entre outros dados (FERRAZ, TORRES, 2001). Optou-se por mensurar o dado mais simples, o número de linhas ofertadas. Esse tipo de análise exige os dados georreferenciados das linhas de Transporte, os quais são elementos básicos referentes ao Sistema de Transporte Público.

O projeto busca garantir os critérios de simplicidade e abrangência. É importante ressaltar que em países de baixa e média renda existe a dificuldade de obter dados mais precisos, portanto, dados mais simples são bem-vindos. Levando em consideração a necessidade de métodos simples, identifica-se a possibilidade de realizar a contagem da quantidade de linhas disponíveis cruzando os dados georreferenciados da área urbana das Regiões Administrativas e da área de cobertura do Sistema de Transporte Público. O uso da área de cobertura como principal medida, garante a simplicidade e abrangência do método. A área de cobertura é uma medida utilizada para comparação entre diversas cidades devido a sua simplicidade (MARKS et al., 2016). O uso da área de cobertura como medida exige a identificação das áreas urbanas da região de estudo. Isso, pois, a área de cobertura é área urbana que a maior parte dos passageiros em potenciais possui acesso (VUCHIC, 2004). Assim, identificam-se somente as linhas atuantes nas áreas urbanas das Regiões Administrativas.

Cabe ressaltar que a área de cobertura se refere à área que está dentro da distância de acesso das paradas de ônibus ou das estações de metrô (VUCHIC, 2004). Esta metodologia opta por adotar a área de cobertura de ônibus de forma simplificada. A área de cobertura se refere à área que está dentro da distância de acesso à linha de ônibus. Portanto, essa é uma área contínua ao longo da linha de ônibus.

5.1.2 - Por que escolher determinadas distâncias de acesso?

Este projeto utiliza duas distâncias de acesso, a distância de acesso às linhas de ônibus e a distância de acesso às estações de metrô. Como o sistema metroviário é considerado um modo de média ou alta capacidade, ele possui uma distância de acesso maior do que linhas de ônibus em geral (sistema de baixa capacidade). A distância maior representa o fato que o sistema metroviário consegue atrair usuários de uma distância maior (MARKS et al., 2016; VUCHIC, 2004).

Seguindo a mesma orientação utilizada pelo GDF (2010), a distância de acesso ao ônibus é adotada como 450 metros, visto que, essa é a distância média de caminhabilidade dos pontos de paradas do Distrito Federal, a qual é considerada como uma distância aceitável pelo PDTU. Como essa recomendação se refere ao contexto do Distrito Federal, decidiu-se por dar preferência ao seu uso. Comparado com as definições de Vuchic (2004), essa distância está entre a distância primária (400 metros) e distância secundária (800 metros).

Em relação aos padrões de qualidade percebidos pelo usuário, a distância de 450 metros é classificada como regular (FERRAZ, TORRES, 2001). Comparando com Vuchic (2004), a distância de acesso de 450 metros equivale ao tempo de deslocamento a pé de 5 minutos e 37 segundos. Vale ressaltar que para áreas de maior densidade é recomendado o uso de uma menor distância de acesso (VUCHIC, 2004). Esse efeito não é considerado neste projeto, optou-se por utilizar uma distância de acesso uniforme para todo o modo rodoviário do Sistema de Transporte Público do Distrito Federal.

Em relação a distância de acesso ao sistema metroviário, utiliza-se a distância proposta por Marks et al. (2016). Assim, a distância de acesso às estações de metrô é adotada como 1000 metros. A distância de acesso equivale ao tempo de deslocamento entre 10 e 15 minutos (MARKS et al., 2016). Comparando com Vuchic (2004), a distância de 1000 metros é equivalente ao tempo de deslocamento a pé de 12 minutos e 30 segundos. Como comparação a distância selecionada, vale ressaltar que Vuchic (2004) também considera o aumento da distância de acesso em relação ao metrô, citando algo em torno de 800 metros.

5.1.3 - Por que escolher a análise de linhas diretas e linhas integradas para acesso ao campus Darcy Ribeiro?

Os deslocamentos para o campus Darcy Ribeiro pelo Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal (STPC/DF) podem ser realizados por meio de linhas diretas que possuem destino próximo a Universidade de Brasília ou pela utilização de integração em mais de uma linha (CARRAZA, 2018). Pode se esperar que a metodologia atenda todas as possibilidades de deslocamentos realizados no STPC/DF para o campus Darcy Ribeiro. Contudo, a operação de linhas com integração é um processo mais complexo que gera maior dificuldade de monitoramento e organização de itinerários (VUCHIC, 2004).

Este trabalho optou pela simplificação de representar esse fenômeno da seguinte forma: a oferta de Transporte Público para o campus Darcy Ribeiro é representada pelo serviço das linhas de ônibus que atendem o campus diretamente e das linhas que atendem o principal terminal integrador do Distrito Federal, a “Rodoviária do Plano Piloto” (CARRAZA, 2018; GDF, 2010). Essas linhas que atendem diretamente o terminal “Rodoviária do Plano Piloto” representam as linhas iniciais que se integram as linhas diretas para acesso ao campus Darcy Ribeiro.

5.1.4 - Por que escolher Regiões Administrativas para classificação das linhas?

Existem diversas maneiras de se classificar as linhas identificadas para acesso ao campus Darcy Ribeiro. Este trabalho preferiu a escolha das Regiões Administrativas, sendo que algumas regiões foram divididas ou modificadas, tais como a Asa Norte, Asa Sul e centro de Brasília (Plano Piloto). Essa classificação de zonas por Região Administrativa está em concordância com outros materiais, como o Plano Diretor de Transporte Urbano e Mobilidade do Distrito Federal e Entorno (PDTU/DF) e Plano de Desenvolvimento do Transporte Público sobre Trilhos do Distrito Federal (PDTT/DF), os quais utilizam as Regiões Administrativas como zona de tráfego e macrozonas.

5.1.5 - Quais são os modos considerados na metodologia?

Os modos que são abrangidos nesta metodologia são os modos metroviário e rodoviário. O modo metroviário está relacionado com os deslocamentos para o terminal “Rodoviária do Plano Piloto” pelas linhas Samambaia, Ceilândia. O modo rodoviário está relacionado com os deslocamentos para o terminal “Rodoviária do Plano Piloto” e para as paradas de ônibus próximas ao campus Darcy Ribeiro.

5.2 - INFORMAÇÕES SOBRE OS ARQUIVOS SHAPEFILE UTILIZADOS COMO FONTE PARA A EXECUÇÃO DA METODOLOGIA

5.2.1 - Aquisição do arquivo “shapefile” de linhas de ônibus do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal

O arquivo shapefile “vew_linhas ativas.shp” é o arquivo principal para desenvolvimento da metodologia, pois, ele representa os dados georreferenciados das linhas ativas do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal. Ele é proveniente do Banco de dados georreferenciados do DFTrans. A metodologia utiliza especificamente o Banco de Dados Geodésicos do DFTrans atualizado em 28 de junho de 2017. O DFTrans disponibilizava os arquivos shapefile relacionados a rede de Transporte Público em um arquivo compactado em zip com o nome “BDG Homologação-20170628T133718Z-001.zip”.

5.2.2 - Aquisição do arquivo “shapefile” das estações de metrô do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal

O arquivo shapefile “Estação de Metrô.shp” representa os dados georreferenciados das estações da rede metroviária do Distrito Federal. Ele é proveniente do Sistema de Informações Territoriais e Urbanas do Distrito Federal (SITURB) através do site “Geoportal”. Os dados dos arquivos são produzidos pela Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação

(SEGETH). As estações em funcionamento caracterizadas nesse arquivo correspondem a setembro de 2019.

5.2.3 - Aquisição do arquivo shapefile das macrozonas utilizadas no Plano de Desenvolvimento do Transporte Público sobre Trilhos do Distrito Federal – PDTT/DF

O arquivo shapefile “Macrozonas_DF_2016.shp” representa os dados georreferenciados das macrozonas utilizadas como zonas de tráfego do PDTT/DF. Essas macrozonas dividem as Regiões Administrativas em diversas feições no intuito de identificar as principais regiões de atração e produção de viagens do Distrito Federal. Esses dados estão disponibilizados no site da Companhia do Metropolitano do Distrito Federal – Metrô/DF. Os dados se referem ao período de 2015.

5.2.4 - Aquisição do arquivo das áreas urbanas brasileiras produzido pela Embrapa

O arquivo shapefile “areas_urbanas_br_15.shp” representa os dados georreferenciados das áreas consideradas como urbanas do território brasileiro. Essas áreas foram reconhecidas através da identificação de estruturas físicas urbanas, como residências, loteamentos e construções industriais (FARIAS, 2017). Os dados são referentes ao ano de 2015

5.3 – MATERIAL NECESSÁRIO

Os arquivos shapefile necessários para execução da metodologia para a contagem do número de linhas disponíveis para o campus Darcy Ribeiro são:

- “vew_linhas_ativas.shp” – arquivo correspondente aos dados georreferenciados das linhas de ônibus do Sistema de Transporte Urbano Coletivo do Distrito Federal (Shapefile no formato de polilinha);

- “Estação de Metrô.shp” – arquivo correspondente aos dados georreferenciados das estações de Metrô do Distrito Federal (Shapefile no formato de pontos);
- “Macrozonas_DF_2016.shp” – arquivo correspondente aos dados georreferenciados das Zonas de Tráfego definidas pelo PDTT/DF (Shapefile no formato de polígonos);
- “areas_urbanas_br_15.shp” – arquivo correspondente aos dados georreferenciados das áreas urbanas do Brasil (Shapefile no formato de polígonos).

5.4 - PROCEDIMENTOS

A metodologia se divide em 3 principais etapas:

- 1- Determinar área de cobertura do STPC/DF
- 2- Determinar área urbana de cada Região Administrativa
- 3- Intersecção tabular das áreas e contagem de linhas por RA

Essas etapas são detalhadas item por item nas páginas a seguir. Sugere-se a leitura das etapas dos procedimentos junto com os esquemas de representação disponíveis no subcapítulo “5.4. Esquemas de Representação da Metodologia”.

Etapa 1 - Determinar a área de cobertura do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal que permite acesso ao campus Darcy Ribeiro

Etapa 1.1 - Determinar a área de cobertura do STPC/DF para linhas diretas para o campus Darcy Ribeiro

Etapa 1.1.1 - Seleção das feições do “shapefile” de linhas de ônibus diretas

A partir do arquivo shapefile “vew_linhas ativas.shp” das linhas de ônibus do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal (STPC/DF), a seleção das feições das linhas diretas para o campus Darcy Ribeiro é feita. Para isso, um polígono é utilizado para delimitar a área de seleção. Esse polígono abrange as áreas de acessos da UnB pela L2 Norte, L3 Norte, L4 Norte e a região interna da UnB. Esse processo é realizado através da ferramenta do ArcGIS “Seleção por localização” com o uso do método de interseção por polígono.

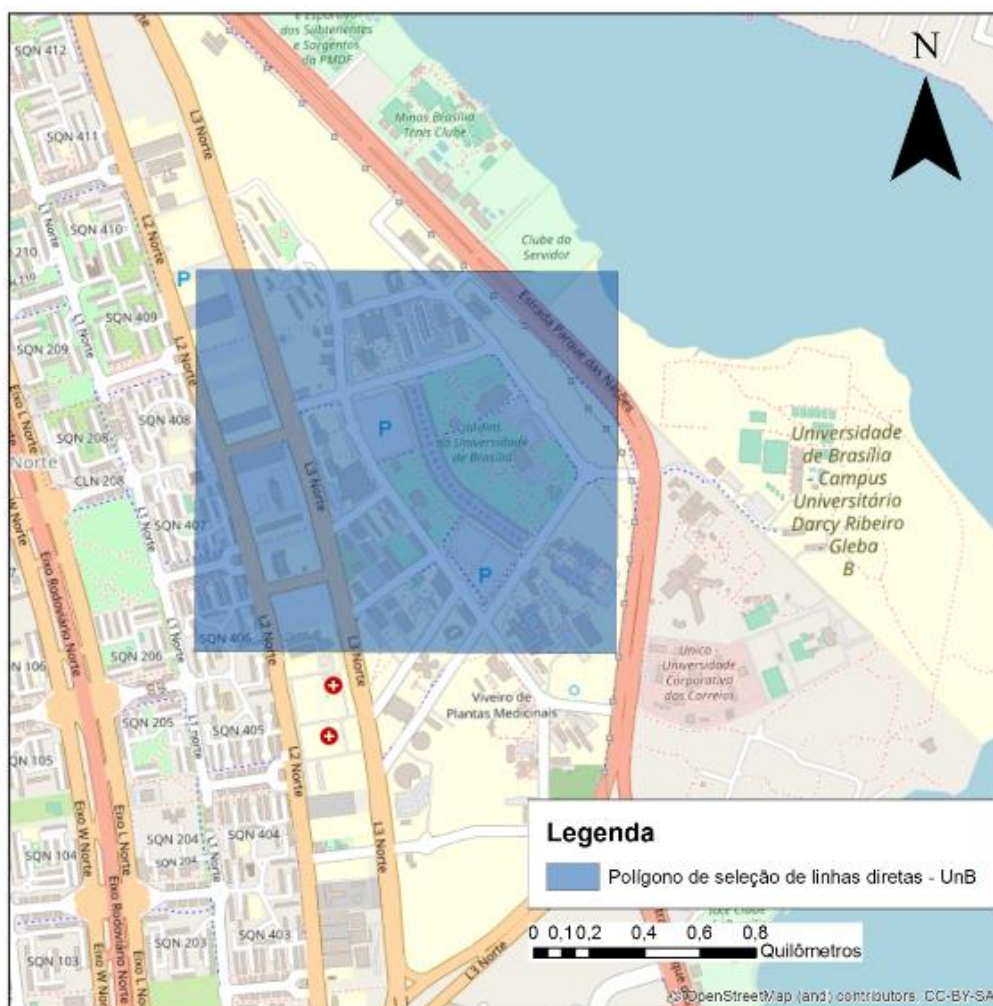


Figura 5.1 - Representação do polígono de seleção das linhas diretas para o campus Darcy Ribeiro

Fonte: Própria (2019)

Etapa 1.1.2 - Utilizar a ferramenta Buffer para criar o polígono que representa a área de cobertura das linhas diretas

Com somente as feições das linhas diretas de ônibus selecionadas do arquivo shapefile “vew_linhas ativas.shp”, a ferramenta de análise Buffer do software ArcGIS é executada. O arquivo shapefile do polígono Buffer é criado com a distância de 450 metros e com a opção de dissolver as feições que possuem o campo “linha” igual. A opção de dissolver é marcada para que linhas com sentido opostos (sentido ida e sentido volta) não sejam contabilizadas duas vezes.

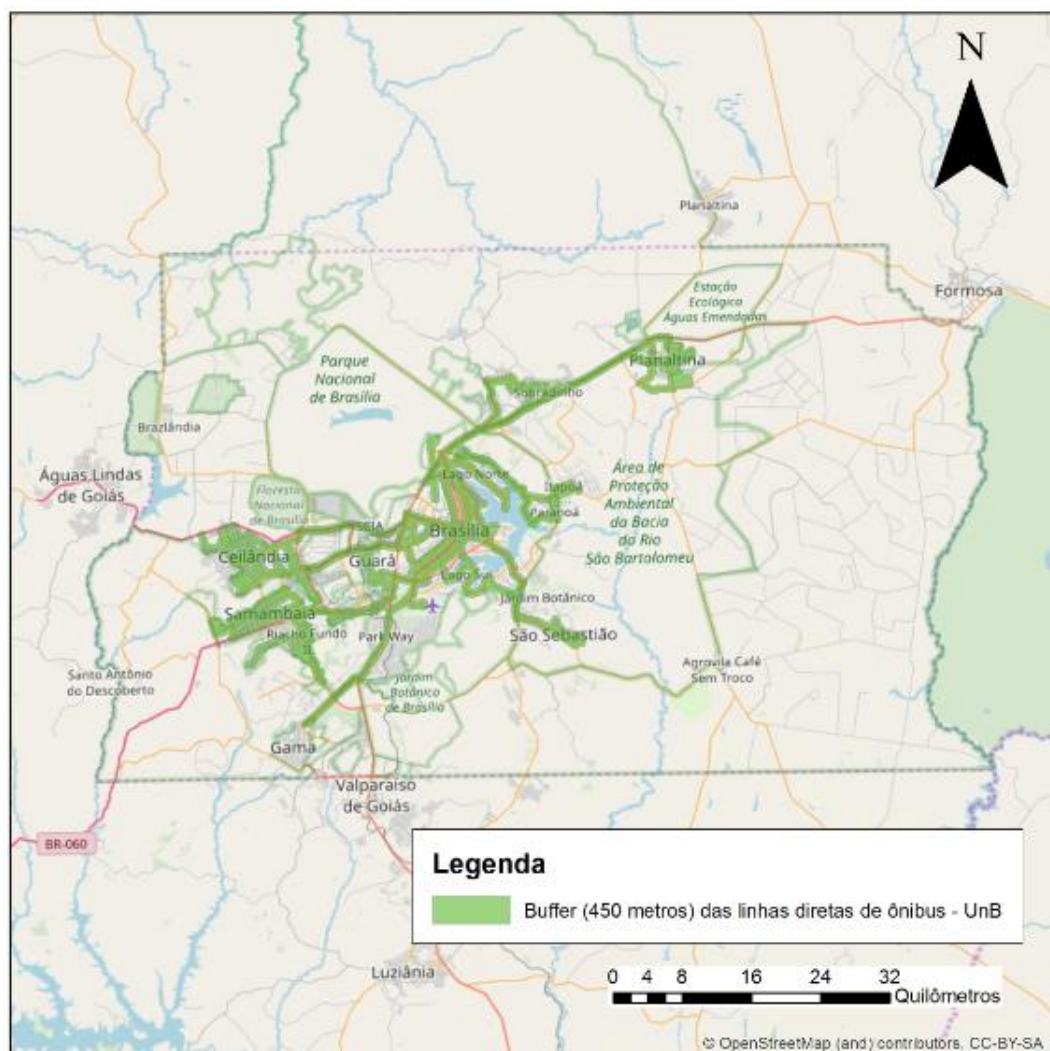


Figura 5.2 - Representação da área da cobertura das linhas diretas para o campus Darcy Ribeiro sobre o mapa base do OpenStreetMap

Fonte: Própria (2019)

Etapa 1.2 - Determinar a área de cobertura do STPC/DF para linhas integradas para o campus Darcy Ribeiro

Etapa 1.2.1 - Estações de metrô

Etapa 1.2.1.1 - Correções no shapefile “Estação de Metrô”

O arquivo shapefile “Estação de Metrô” não possui um campo de atributos de classificação que identifica quais linhas atendem a estação. Como a metodologia exige uma classificação por linhas, a adição de um campo de atributos de classificação é feita. Realiza-se a adição do campo de atributos “linha” (mesmo campo presente no shapefile das linhas de ônibus). Após, a criação do campo “linha” os nomes das linhas Samambaia ou Ceilândia são inseridos na tabela de atributos. Quando a estação é atendida pelas duas linhas, ela recebe o valor de atributo “Ceilândia/Samambaia” no campo “linha”.

Etapa 1.2.1.2 - Seleção das feições do shapefile “Estação de Metrô”

Não existe a necessidade de utilizar a ferramenta de seleção por localização para as estações de metrô. Diferentemente das 850 linhas de ônibus do serviço básico do Distrito Federal, o metrô opera apenas duas linhas com o formato do sistema em “Y”. Suas duas linhas compõem um eixo principal que se inicia na Estação “Águas Claras” e permanece junto até a Estação “Central”, a qual se localiza no terminal “Rodoviária do Plano Piloto” (METRÔ-DF, 2017).

Como a escolha das estações é mais simples, são apenas duas linhas e as duas tem como destino o terminal “Rodoviária do Plano Piloto”, basta selecionar todas as feições do arquivo shapefile das estações de metrô e retirar a seleção das estações que ainda não estão em operação. Existem estações de metrô que ainda estão em construção, como as estações “Onoyama”,

“Estrada Parque”, “110 Sul”. Elas já fazem parte do arquivo shapefile “Estação de Metrô.shp”. Portanto, utiliza-se a ferramenta “Seleção por Atributos” para selecionar somente aquelas com o campo “situação” marcado como “em operação”.

Etapa 1.2.1.3 - Utilizar a ferramenta de Análise Buffer para criar o arquivo shapefile da área de cobertura das estações de metrô

Com a as feições das estações de metrô em operação do shapefile “Estação de Metrô” selecionadas, cria-se um buffer das estações de metrô. A análise Buffer utiliza a distância de 1000 metros com a opção “Dissolver feição” habilitada a partir do campo “linha”. A opção de dissolver feição é habilitada para que as feições das áreas de acesso descontínuas de cada estação sejam agrupadas em um único elemento, isto é, são geradas apenas três feições que agrupam as diferentes estações. A feição Ceilândia agrupa a área de cobertura de 8 estações, a feição Samambaia, de 4 estações e a feição Ceilândia/Samambaia, de 12 estações. Optou-se por utilizar a classificação de linhas pelo campo de atributos “linha” para permitir a comparação entre o número de linhas do modo rodoviário e metroviário, ou seja, comparar as linhas de ônibus e as linhas de metrô.

Etapa 1.2.2 - Linhas integradas de ônibus para a Rodoviária

Etapa 1.2.2.1 - Seleção de linhas com acesso a Rodoviária

A seleção das feições das linhas para o terminal “Rodoviária do Plano Piloto” é feita a partir do arquivo shapefile “vew_linhas ativas.shp” das linhas de ônibus do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal (STPC/DF). A escolha das feições é realizada com o uso de um polígono para delimitar a área de seleção. Esse polígono engloba o terminal “Rodoviária do Plano Piloto” e suas imediações. Esse processo é realizado através da ferramenta do ArcGIS “Seleção por localização” com o método de seleção por interseção do polígono.

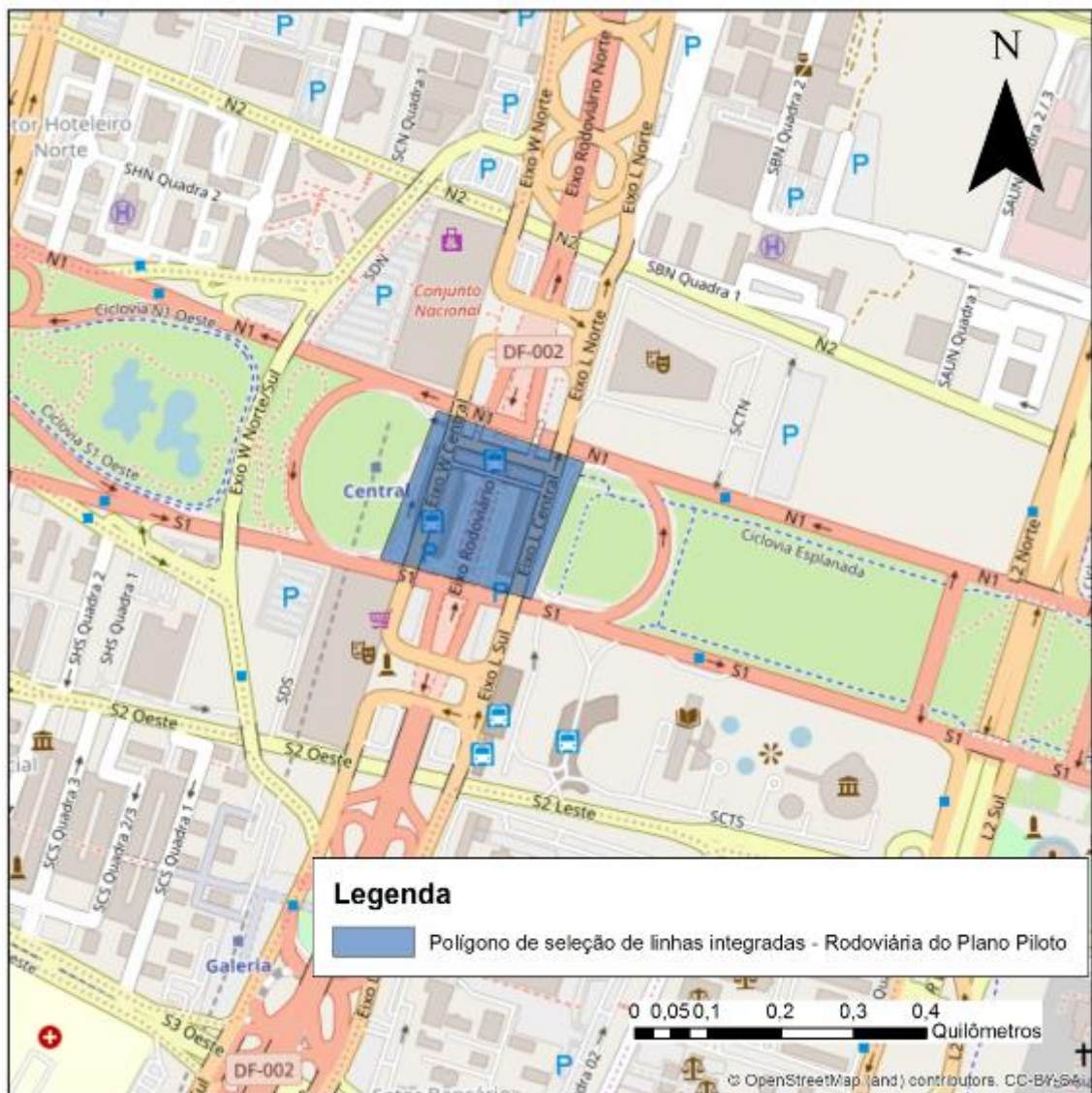


Figura 5.3 - Representação do polígono de seleção para a Rodoviária do Plano Piloto

Fonte: Própria (2019)

Etapa 1.2.2.2 - Criar o buffer das linhas integradas com acesso a Rodoviária do Plano Piloto

Com somente as feições das linhas integradas de ônibus selecionadas do arquivo shapefile “vew_linhas_ativas.shp”, a ferramenta de Análise Buffer do software ArcGIS é executada. A análise Buffer é cria um polígono com a distância de 450 metros de seu centro e com a opção de dissolver as feições que possuem o campo “linha” igual. A opção de dissolver

é marcada para que linhas com sentido opostos (sentido ida e sentido volta) não sejam contabilizadas duas vezes.

Etapa 1.2.3 - Juntar a área de cobertura das estações do metrô e das linhas de ônibus integradas com acesso a Rodoviária

O shapefile que representa a área de cobertura das linhas com acesso ao terminal “Rodoviária do Plano Piloto” deve compreender o modo rodoviário e metroviário. Portanto, é necessário o uso da ferramenta do ArcGIS “Juntar”. Ela é utilizada para unir o arquivo shapefile do buffer das estações de metrô e o shapefile do buffer das linhas de ônibus integradas. Todos os arquivos shapefile de entrada devem manter o campo “linha”, pois, esse será utilizado posteriormente para identificação da linha.

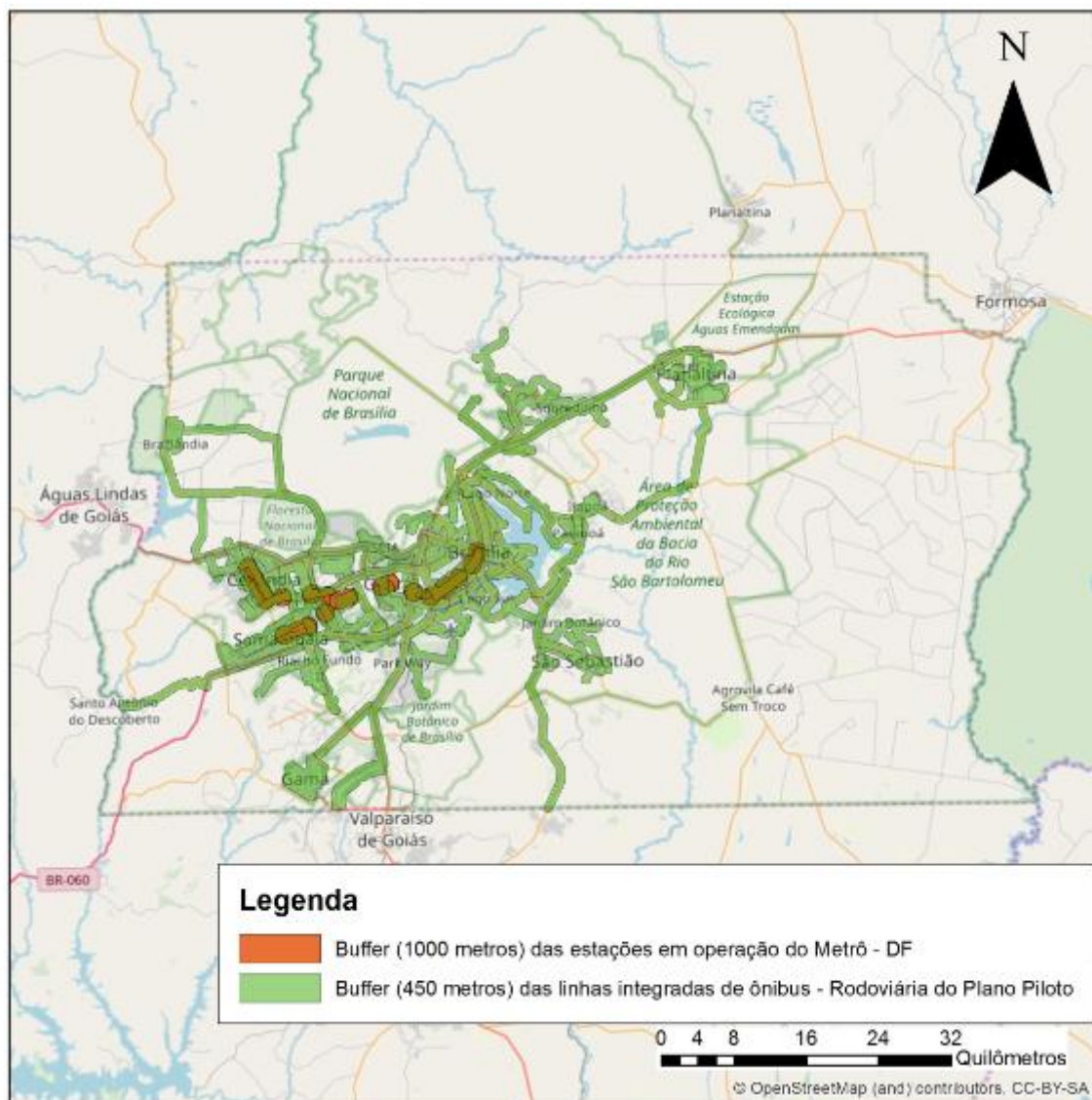


Figura 5.4 - Representação da área da cobertura das linhas de ônibus e estações de metrô com destino a Rodoviária do Plano Piloto sobre o mapa base do OpenStreetMap

Fonte: Própria (2019)

Etapa 2 - Determinar a área urbana correspondente a cada Região Administrativa e afins

Etapa 2.1 - Modificações no shapefile “Macrozonas_DF_2016”

O arquivo shapefile “Macrozonas_DF_2016.shp” pode possuir mais de uma macrozona em uma mesma Região Administrativa, portanto, o shapefile recebe dois tratamentos antes do

seu uso de fato. O primeiro é a modificação do atributo do campo “RA_NOME” de algumas macrozonas que correspondiam à parte do Plano Piloto, Ceilândia e “Águas Claras Vertical”. A fim de identificar essas áreas, utilizou-se o shapefile “tab_cidades” do Banco de Dados Geodésicos do DFTrans para determinar quais macrozonas eram correspondentes a essas áreas. Essas macrozonas tiveram seus atributos modificados e foram identificadas como áreas do Plano Piloto, Ceilândia Sul, Ceilândia Norte, Asa Sul, Asa Norte e Águas Claras. Além disso, a ferramenta “Dissolver” do ArcGIS é usada para agrupar as feições do arquivo shapefile de acordo com o campo “RA_NOME”. Assim, as feições são agrupadas por Região Administrativa.

Etapa 2.2 – Intersecção entre o shapefile das macrozonas corrigido e o shapefile das áreas urbanas do Brasil

O arquivo shapefile das áreas urbanas das Regiões Administrativas é produzido a partir da intersecção geométrica do shapefile “Macrozonas_DF_2016_Corrigidas” e do shapefile “areas_urbanas_br_15”. Para isso, a ferramenta “Intersecção” do ArcGIS é utilizada. Essa intersecção gera mais de uma feição para cada Região Administrativa. Assim, a ferramenta “Dissolver” é utilizada com o campo “RA_NOME” para que cada Região Administrativa tenha somente uma feição correspondente.

Etapa 3 – Realizar a intersecção tabular e contagem de linhas

Etapa 3.1 - Realizar a intersecção tabular

A intersecção tabular é uma ferramenta de estatística que realiza a intersecção geométrica entre as áreas selecionadas e faz a contagem da quantidade de área em comum entre os shapefiles selecionados. Ela é utilizada para a contagem das linhas diretas para o campus Darcy Ribeiro e das linhas integradas para o terminal “Rodoviária do Plano Piloto”, visto que ela contabiliza quais feições de linhas estavam presentes nas áreas das feições das Regiões

Administrativas. A ferramenta “Intersecção Tabular” do ArcGIS é utilizada duas vezes. A primeira vez associa o shapefile “Area_Urbana_RA” e o shapefile correspondente a área de cobertura das linhas diretas. A segunda vez associa o shapefile “Area_Urbana_RA” e o shapefile correspondente a área de cobertura das linhas integradas. Assim, temos dois produtos, a porcentagem da área urbana coberta pelas linhas diretas para o campus Darcy Ribeiro e a porcentagem da área urbana coberta pelas linhas integradas para o terminal “Rodoviária do Plano Piloto”.

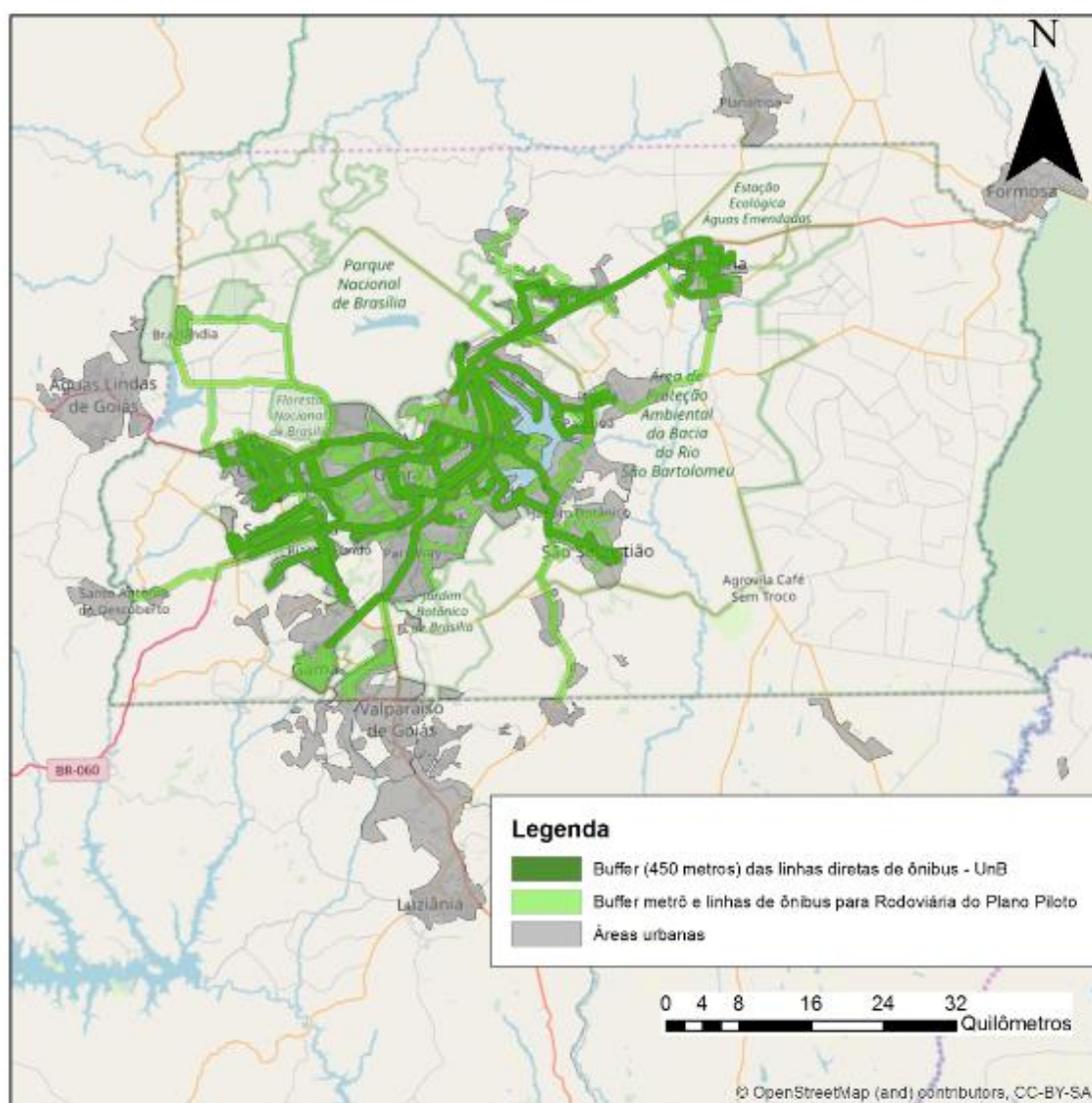


Figura 5.5 - Representação da área de cobertura das linhas diretas e linhas integradas em comparação com a área urbana do Distrito Federal sobre o mapa base do OpenStreetMap

Fonte: Própria (2019)

Etapa 3.2 – Conversão para Excel e contagem de linhas

A ferramenta de análise estatística “Intersecção tabular” do ArcGIS é utilizada duas vezes e gera dois arquivos com o formato de extensão “.dbf”. Esses dois arquivos são convertidos para o formato de extensão “.xls”, para que os mesmos possam ser modificados pelo software Excel. Essa conversão é feita pela ferramenta do ArcGIS “Tabela para Excel”.

As tabelas produzidas estão relacionadas a três atributos: o número de identificação da linha do campo “linha”, a porcentagem de área urbana coberta por essa linha e a Região Administrativa do campo “RA_NOME”. A partir dessas tabelas é possível gerar tabelas dinâmicas com o campo “RA_NOME” e contar a quantidade de linhas para cada Região Administrativa. Assim, são geradas duas tabelas dinâmicas, uma tabela com a quantidade de linhas diretas para o campus Darcy Ribeiro e outra tabela com a quantidade de linhas integradas para o terminal “Rodoviária do Plano Piloto”.

5.5 - ESQUEMAS DE REPRESENTAÇÃO DA METODOLOGIA

A fim de representar a sequência de etapas que descreve a metodologia, 4 esquemas foram desenhados. O esquema na figura 5.6 a seguir, resume os três esquemas (figura 5.7, figura 5.8 e figura 5.9) para representar a metodologia como um todo. O esquema 1 se refere a criação do Buffer da área de cobertura do STPC/DF. O esquema 2 representa a intersecção entre as macrozonas e a área urbana do Distrito Federal. O esquema 3 indica a finalização da metodologia e o resultado obtido, o número de linhas por Região Administrativa.

Esquemas de representação da Metodologia

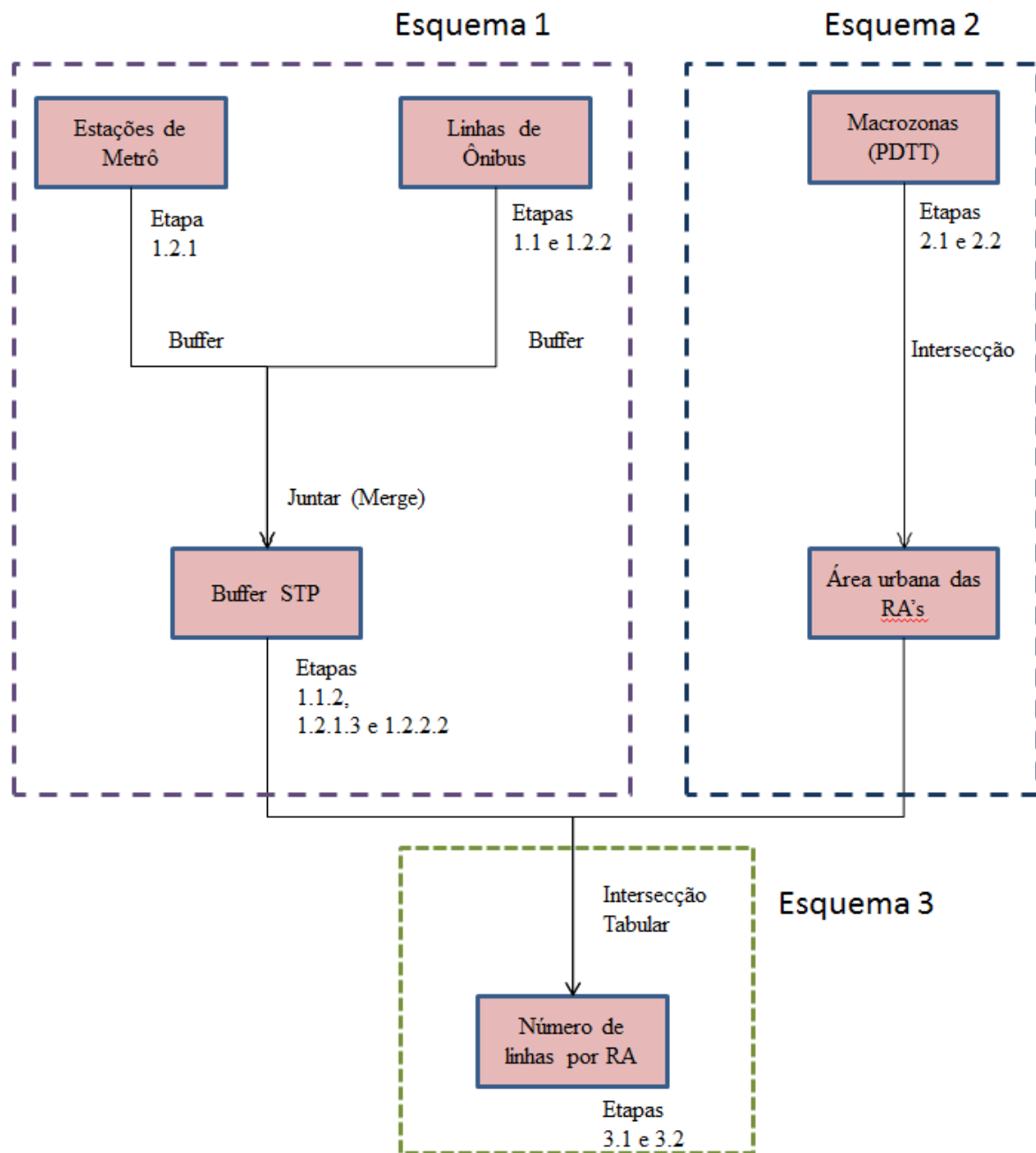


Figura 5.6 - Esquema de representação das etapas da metodologia de forma resumida

Fonte: Própria (2019)

O esquema 1 na figura 5.7 se refere a produção dos shapefiles da área de cobertura do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal.

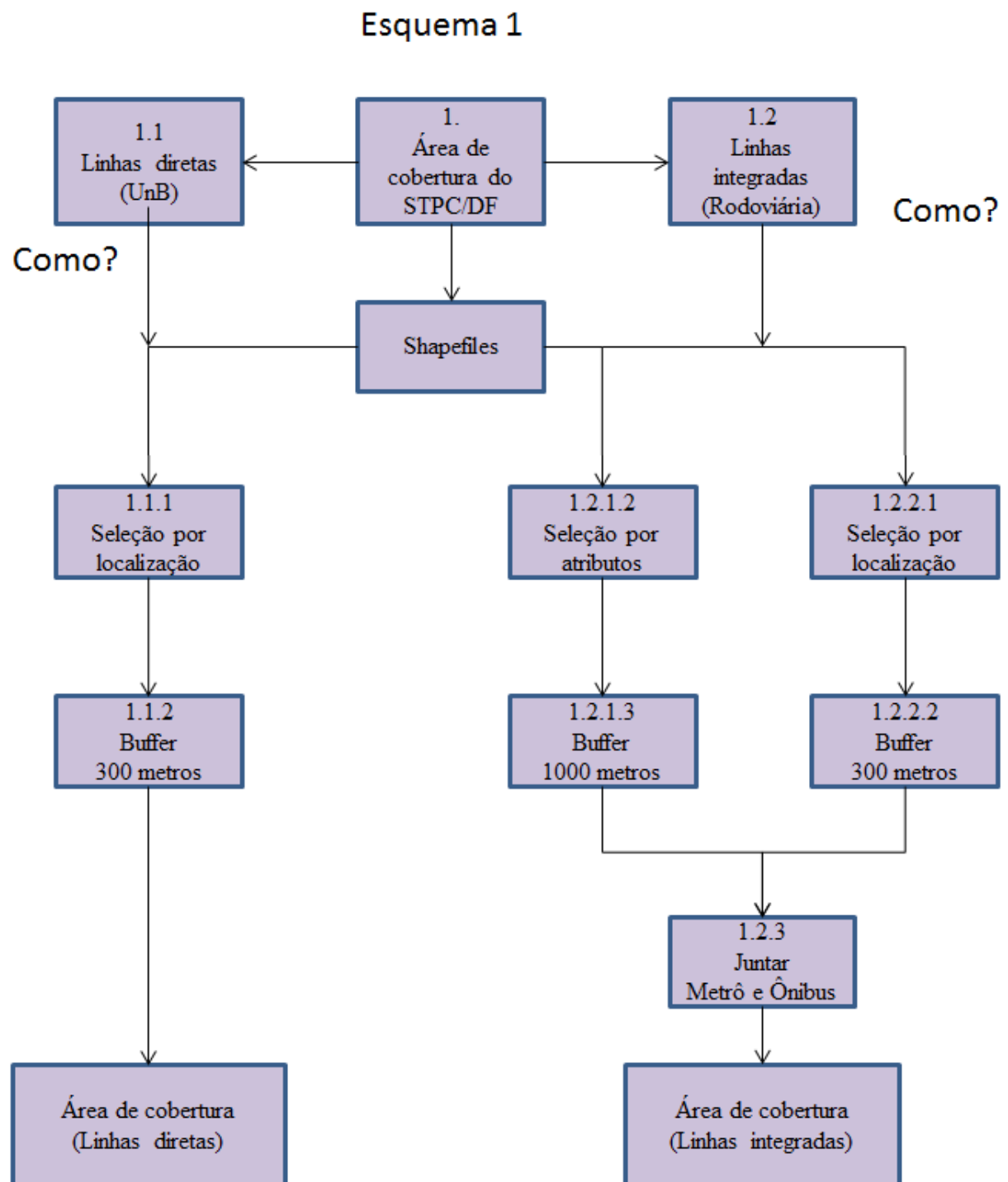


Figura 5.7 - Esquema de representação das etapas que resultam no shapefile da área de cobertura do STPC/DF

Fonte: Própria (2019)

O esquema 2 na figura 5.8 se refere à produção do shapefile da área urbana das Regiões Administrativas do Distrito Federal.

Esquema 2

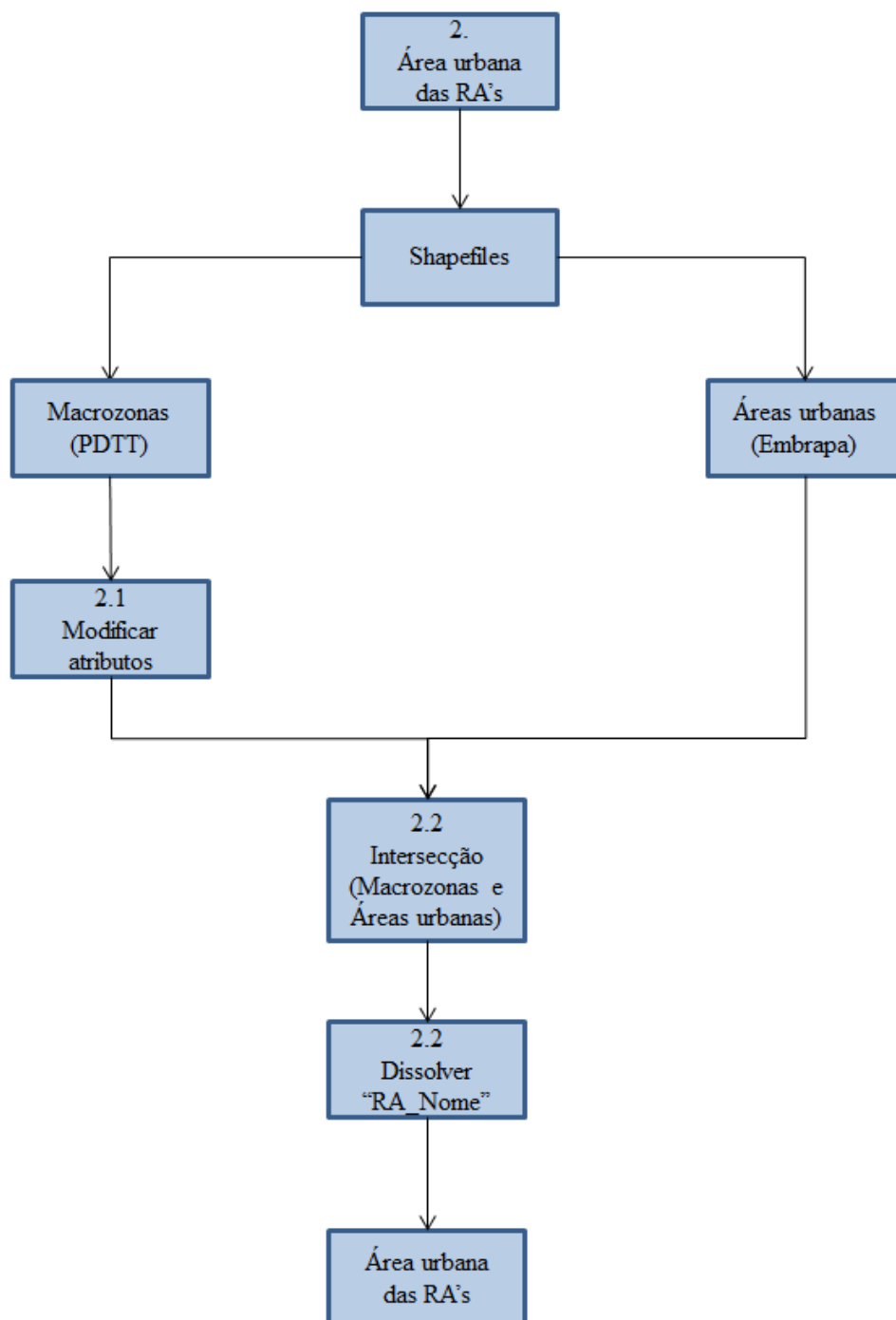


Figura 5.8 - Esquema de representação das etapas que resultam no shapefile da área urbana por Região Administrativa

Fonte: Própria (2019)

O esquema 3 na figura 5.9 se refere à etapa de intersecção tabular, conversão do arquivo em Excel e a criação da tabela dinâmica das linhas diretas e linhas integradas do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal.

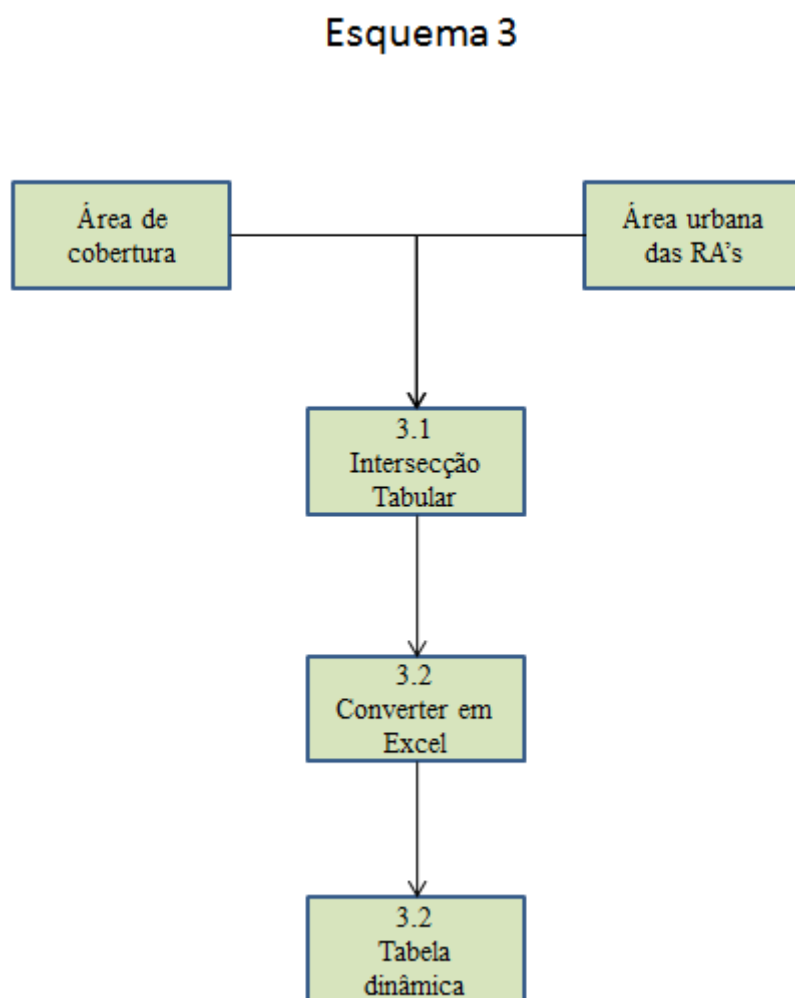


Figura 5.9 - Esquema de representação das etapas de intersecção entre áreas e produção das tabelas com a quantidade de linhas por Região Administrativa

Fonte: Própria (2019)

5.6 - UTILIZAÇÃO DA LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO EM PYTHON

Existem dois objetivos em relação ao uso da linguagem de programação Python neste projeto: o primeiro é a automatização do uso de ferramentas de geoprocessamento do software ArcGIS e o segundo é manter um registro das ações realizadas, o que possibilita a comparação, crítica e análise do código do projeto.

5.6.1 - Como desenvolver e utilizar o script em Python?

O próprio ArcGIS fornece uma interface com a linguagem de programação Python. O programa permite o acesso a uma janela denominada janela Python, a qual é um local para execução de comandos em Python. Além disso, o ArcGIS também possui uma descrição do comando e amostras do uso de cada ferramenta de geoprocessamento disponível na linguagem de programação Python. Ao executar uma ferramenta de geoprocessamento no ArcGIS é possível verificar o código correspondente a essa ação a partir da ferramenta “Copiar como Python Snippet”. O software ArcGIS fornece essas ferramentas para facilitar e estimular o uso da linguagem Python para automatização de tarefas.

A contribuição da linguagem Python para este projeto está em sua capacidade de armazenar valores em variáveis, executar comandos das ferramentas de geoprocessamento do ArcGIS, concatenar nomes de arquivos, variáveis e distâncias de acesso. Assim, a partir da construção em Python é possível utilizar essa metodologia para outros destinos e outros Sistemas de Transporte.

5.6.2 - Código comentado

Este subcapítulo comenta imagens de partes do código (Script) seguindo a ordem numérica descrita no subcapítulo “5.3. Procedimentos”. O código completo está disponível em anexo. Em cada etapa do código existem comentários sobre sua escrita e detalhes do uso da

linguagem de programação Python para ArcGIS. Esses comentários são identificados com símbolo “#” no início da linha do código. O código segue a mesma sequência do procedimento:

- 1- Determinar área de cobertura do STPC/DF
- 2- Determinar área urbana de cada Região Administrativa
- 3- Intersecção tabular das áreas e contagem de linhas por RA

A escrita do código é desenhada desta forma: o início do código contém a definição do endereço do ambiente de trabalho e a definição das variáveis que são utilizadas. A partir daí, inicia-se a os procedimentos da metodologia com o uso das ferramentas de geoprocessamento do ArcGIS, ou seja, as etapas 1, 2 e 3 são executadas. Por fim, é feita a importação dos dados para Excel.

5.5.2.1 - Início do código

```
1 # -*- coding: utf-8 -*-
2 """
3 Created on Wed Oct 23 14:08:22 2019
4
5 @author: lfranca.iphae
6 """
7
8 # Definir o caminho do ambiente de trabalho em que se encontra os shapefiles
9 arcpy.env.workspace = r"E:\Pessoal\UNB\2_2019\Metodologia"
10
```

Figura 5.10 - Parte inicial do código, a qual contém a definição do ambiente de trabalho

Fonte: Própria (2019)

Define-se a pasta em que todos os arquivos shapefile devem estar presentes para execução da metodologia. Essa pasta é conhecida como ambiente de trabalho, neste projeto ela é identificada pelo endereço “E:\Pessoal\UNB\2_2019\Metodologia”.

Vale ressaltar que os comandos em Python das ferramentas de geoprocessamento não necessitam do sufixo “.shp” no final do arquivo para identificar o arquivo do tipo shapefile. Isso, pois, neste projeto, o código é executado na janela Python disponibilizada pelo software ArcGIS. Além disso, não é necessário escrever o endereço completo dos arquivos shapefiles, pois, todos os arquivos estão alocados na pasta “ambiente de trabalho”. Basta escrever o nome que identifica o arquivo shapefile sem o seu sufixo “.shp”.

5.5.2.2 - Definição de variáveis

```
11 | # Definir variáveis
12 | Distancia_Buffer_Metro = 1000
13 | Distancia_Buffer_Linhas_Diretas_Onibus_UnB = 450
14 | Distancia_Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria = 450
15 | Nome_Buffer_Linhas_Diretas_Onibus_UnB = "Buffer_Linhas_Diretas_Onibus_UnB_" + s
16 | Nome_Buffer_Metro = "Buffer_Metro_" + str(Distancia_Buffer_Metro) + "M"
17 | Nome_Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria = "Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria_" + str
18 |
```

Figura 5.11 - Parte do código referente a definição das variáveis

Fonte: Própria (2019)

A fim de organizar e simplificar o código, todas as variáveis são definidas e recebem seus valores entre as linhas 12 a 17. Primeiro, definem-se os valores das variáveis relativas à distância do buffer do metrô, das linhas diretas e das linhas integradas sem a especificação de sua unidade nas linhas 12 a 14. Segundo, definem-se os valores das variáveis relativas aos nomes que são utilizadas na produção dos arquivos shapefile pelas ferramentas de geoprocessamento “Análise Buffer” e “Intersecção Tabular”. Esses nomes são escritos de tal forma, que a alteração do número da distância do acesso modifica o nome do buffer resultante. Por exemplo, se escolho a distância de acesso ao metrô de 1500, o nome do buffer do metrô será “Buffer_Metro_1500M”.

5.5.2.3 - Execução das ferramentas de geoprocessamento

Os comandos de execução das ferramentas de geoprocessamento são apresentados seguindo a ordem estabelecida no subcapítulo “5.3. Procedimentos”. As etapas a seguir são enumeradas e representadas por imagens que retratam a parte específica do código que corresponde ao número da etapa. As etapas “1.2.1.1” e “2.1.” não estão presentes neste subcapítulo, pois, são alterações pontuais, que não são escritas como comandos, portanto, não fazem parte do código e não são descritas aqui.

Etapa 1- Determinar área de cobertura do STPC/DF

Etapa 1.1 - Determinar a área de cobertura do STPC/DF para linhas diretas para o campus Darcy Ribeiro

Etapa 1.1.1 - Seleção das feições do “shapefile” de linhas de ônibus diretas

```
19 # 1. Producao da area de cobertura de linhas diretas para o campus Darcy Ribeir
20
21 # 1.1. Producao da area de cobertura de linhas diretas de onibus para a UnB
22
23 # 1.1.1. Selecionar linhas diretas de onibus para a UnB
24 arcpy.SelectLayerByLocation_management(in_layer="vew_linhas_ativas", overlap_ty
25                                         select_features="Selecao_linhas_de_onibus"
```

Figura 5.12 - Parte do código referente a produção da área de cobertura de linhas diretas

Fonte: Própria (2019)

A ferramenta de geoprocessamento “Seleção por localização” exige a especificação do nome do shapefile de entrada, do método de seleção de feições e da camada utilizada para

auxiliar o método de seleção, no caso, a camada que é utilizada para intersecção. Nesta etapa do projeto são utilizados os seguintes dados:

- Entrada: “vew_linhas ativas”;
- Tipo de seleção: seleção por intersecção;
- Camada auxiliar para seleção: “Selecao_linhas_de_onibus_diretas_UnB”.

Etapa 1.1.2 - Utilizar a ferramenta Buffer para criar o polígono que representa a área de cobertura das linhas diretas

```
27 # 1.1.2. Realizar o Buffer nas linhas diretas de onibus para a UnB agrupando as
28 arcpy.Buffer_analysis(in_features="vew_linhas ativas", out_feature_class="Buffle
29                        buffer_distance_or_field=tr(Distancia_Buffer_Linhas_Diret
30                        dissolve_option="LIST", dissolve_field="linha")
31
```

Figura 5.13 - Parte do código referente a execução da ferramenta Buffer para linhas diretas

Fonte: Própria (2019)

A ferramenta de geoprocessamento “Análise Buffer” exige a especificação do shapefile de entrada, a distância do buffer e a seleção da opção de dissolver feições. Nesta etapa do projeto são utilizados os seguintes dados:

- Entrada: “vew_linhas ativas” com as feições que foram selecionadas;
- Saída: “Buffer_Linhas_Diretas_Onibus_UnB_450M”, o qual é escrito por concatenação de texto e da variável distância de acesso;;
- Distância de buffer: “450 Meters”, o qual é escrito pela concatenação da variável de distância de acesso e do texto “Meters”, o qual identifica a unidade de distância;
- Dissolver: ativar a opção dissolver no campo de atributos “linha”.

Etapa 1.2 - Determinar a área de cobertura do STPC/DF para linhas integradas para o campus Darcy Ribeiro

Etapa 1.2.1 - Estações de metrô

Etapa 1.2.1.2 - Seleção das feições do shapefile “Estação de Metrô”

```
32 # 1.2. Producao da area de cobertura de linhas integradas para a Rodoviaria do
33
34 # 1.2.1. Producao da area de cobertura das estacoes de metro para a Rodoviaria
35
36 # 1.2.1.2. Selecionar as estacoes em operacao
37 arcpy.SelectLayerByAttribute_management(in_layer_or_view="Estação de Metrô", se
```

Figura 5.14 - Parte do código referente seleção das estações de metrô em operação

Fonte: Própria (2019)

A ferramenta de geoprocessamento “Seleção por atributos” exige a especificação do shapefile de entrada, do método de seleção e da expressão em SQL que estabelece a condição para seleção. Nesta etapa do projeto são utilizados os seguintes dados:

- Entrada: “Estação de Metrô”;
- Método: nova seleção;
- Condição em SQL: "situacao" = \Em operação\

O uso da linguagem Python para descrever uma condição em SQL exige o uso de aspas simples e duplas. As aspas duplas se referem ao campo de atributo, no caso “situação”. As aspas simples se referem ao valor do atributo, no caso ‘Em operação’. A fim de contornar possíveis erros, utiliza-se o símbolo “\” antes das aspas simples que devem fazer parte da condição. Sem a programação em Python, o comando que seria utilizado diretamente no ArcGIS seria:

“situação” = ‘Em operação’

Etapa 1.2.1.3. Utilizar a ferramenta de Análise Buffer para criar o arquivo shapefile da área de cobertura das estações de metrô

```
39 # 1.2.1.3. Realizar o Buffer nas estações em operação agrupando as feições em r
40 arcpy.Buffer_analysis(in_features="Estação de Metrô", out_feature_class="Buffer
41                        buffer_distance_or_field=str(Distancia_Buffer_Metro) + "
42                        dissolve_option="LIST", dissolve_field="linha")
43
```

Figura 5.15 - Parte do código referente a execução da ferramenta buffer para criação do shapefile das estações de metrô

Fonte: Própria (2019)

A ferramenta de geoprocessamento “Análise Buffer” exige a especificação do shapefile de entrada, da distância do buffer e do uso da opção de dissolver feições. Nesta etapa do projeto são utilizados os seguintes dados:

- Entrada: “Estação de Metrô” com as feições que foram selecionadas;
- Saída: "Buffer_Metro_1000M", o qual é escrito por concatenação de texto e da variável distância de acesso;
- Distância de buffer: “1000 Meters”, o qual é escrito pela concatenação da variável de distância de acesso e do texto “Meters”, o qual identifica a unidade de distância;
- Dissolver: ativar a opção dissolver no campo de atributos “linha”.

Etapa 1.2.2 - Linhas integradas de ônibus para a Rodoviária

Etapa 1.2.2.1 - Seleção de linhas com acesso a Rodoviária

```
44 # 1.2.2. Producao de area de cobertura das Linhas de Onibus Rodoviaria
45
46 # 1.2.2.1. Selecionar Linhas de onibus proximas da Rodoviaria
47 arcpy.SelectLayerByLocation_management(in_layer="vew_linhas_ativas", overlap_ty
48                                         select_features="Selecao_Linhas_de_Onibus
49
```

Figura 5.16 - Parte do código referente a seleção das linhas integradas com destino a Rodoviária do Plano Piloto

Fonte: Própria (2019)

A ferramenta de geoprocessamento “Seleção por localização” exige a especificação do shapefile de entrada, do método de seleção de feições e da camada utilizada para auxiliar o método de seleção, no caso, a camada que é utilizada para intersecção. Nesta etapa do projeto são utilizados os seguintes dados:

- Entrada: “vew_linhas_ativas”;
- Tipo de seleção: seleção por intersecção;
- Camada auxiliar para seleção: “Selecao_Linhas_de_Onibus_Rodoviaria”.

Etapa 1.2.2.2 - Criar o buffer das linhas integradas com acesso a Rodoviária do Plano Piloto

```
50 # 1.2.2.2. Realizar o Buffer nas linhas de onibus para a Rodoviaria agrupando a
51 arcpy.Buffer_analysis(in_features="vew_linhas_ativas", out_feature_class="Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria_450M",
52                       buffer_distance_or_field=str(Distancia_Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria_450M),
53                       dissolve_option="LIST", dissolve_field="linha")
54
```

Figura 5.17 - Parte do código referente a execução da ferramenta Buffer para criação de shapefile da área de cobertura das linhas integradas

Fonte: Própria (2019)

A ferramenta de geoprocessamento “Análise Buffer” exige a especificação do shapefile de entrada, da distância do buffer e do uso da opção de dissolver feições. Nesta etapa do projeto são utilizados os seguintes dados:

- Entrada: “vew_linhas_ativas” com as feições que foram selecionadas;
- Saída: “Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria_450M”, o qual é escrito por concatenação de texto e da variável distância de acesso;
- Distância de buffer: “450 Meters”, o qual é escrito pela concatenação da variável de distância de acesso e do texto “Meters”, o qual identifica a unidade de distância;
- Dissolver: ativar a opção dissolver no campo de atributos “linha”.

Etapa 1.2.3 - Juntar a área de cobertura das estações do metrô e das linhas de ônibus integradas com acesso a Rodoviária

```
55 # 1.2.3. Unir o Buffer do metro e o Buffer das Linhas de onibus para Rodoviaria
56
57 arcpy.Merge_management(inputs= '' + Nome_Buffer_Metro + ";" + Nome_Buffer_Linh
58                          output="Buffer_STP_Metro_Linhas_Onibus_Rodoviaria",
59                          field_mappings='linha "linha" true true false 50 Text 0 0
60
```

Figura 5.18 - Parte do código referente a junção da área de cobertura do metrô e das linhas integradas

Fonte: Própria (2019)

A ferramenta de geoprocessamento “Juntar” exige a especificações dos nomes dos arquivos shapefile de entrada, dos nomes dos arquivos de saída e dos nomes dos campos de atributos que são mantidos no arquivo de saída. Nesta etapa do projeto são utilizados os seguintes dados:

- Arquivos de entrada: concatenação de texto e das variáveis dos nomes dos arquivos do buffer do metrô e das linhas para a rodoviária ("Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria_450M" e "Buffer_Metro_1000M");
- Saída: "Buffer_STP_Metro_Linhas_Onibus_Rodoviaria";
- Campo de atributos mantidos: concatenação de texto que identifica o campo que deve ser mantido e suas características.

Etapa 2 - Determinar a área urbana correspondente a cada Região Administrativa e afins

Etapa 2.2 – Intersecção entre o shapefile das macrozonas corrigido e o shapefile das áreas urbanas do Brasil

```
61 | # 2. Producao das areas urbanas cobertas por Regiao Administrativa (RA)
62
63 | # 2.2. Definir as areas urbanas das RAs fazendo a interseccao entre as feicoes
64 | arcpy.Intersect_analysis(in_features="areas_urbanas_br_15 #;Macrozonas_Corrigidas",
65 |                          out_feature_class="Area_Urbana_RAs",
66 |                          join_attributes="ALL", output_type="INPUT")
67
```

Figura 5.19 - Parte do código referente a intersecção entre as áreas urbanas e as áreas das Regiões Administrativas

Fonte: Própria (2019)

Esta etapa utiliza a ferramenta de geoprocessamento “Intersecção”. Ela exige a especificação dos nomes dos arquivos shapefile de entrada, do nome do arquivo de saída e o tipo de arquivo de saída. Nesta etapa do projeto são utilizados os seguintes dados:

- Arquivos de entrada: "areas_urbanas_br_15" e "Macrozonas_Corrigidas", essa ferramenta em específico une os dois nomes de entrada em um único texto com o uso de “ #;”. O texto completo de entrada é “areas_urbanas_br_15 #;Macrozonas_Corrigidas #”. Em caso de dúvida, é possível utilizar o Python Snippet para verificar a sintaxe;
- Saída: "Area_Urbana_RAs"
- Tipo de saída: mesma do arquivo de entrada, ou seja, tipo de saída shapefile do tipo polígono. Essa opção é definida pelo texto “INPUT”.

```

68 | 2.2. Dissolver o shapefile para que cada RAs possua apenas uma feicao
69 arcpy.Dissolve_management(in_features="Area_Urbana_RAs",
70                           out_feature_class="Area_Urbana_RAs_Corrigida",
71                           dissolve_field="RA_NOME", statistics_fields="", multi_p
72

```

Figura 5.20 - Parte do código referente a dissolução das feições da área urbana das Regiões Administrativas

Fonte: Própria (2019)

A ferramenta de geoprocessamento “Dissolver” exige a especificação do nome do arquivo shapefile de entrada, do nome do arquivo shapefile de saída e do nome do campo de atributo que é utilizado como base para dissolver as feições. Nesta etapa do projeto são utilizados os seguintes dados:

- Arquivos de entrada: "Area_Urbana_RAs";
- Saída: "Area_Urbana_RAs_Corrigida";
- Campo para dissolver feições: "RA_NOME".

Etapa 3 – Realizar a intersecção tabular e contagem de linhas

A etapa 3 tem os seus comandos repetidos duas vezes com entradas e saídas diferentes. A primeira se refere à intersecção tabular das linhas diretas de ônibus para o campus Darcy Ribeiro e segunda à intersecção tabular das linhas para o terminal “Rodoviária do Plano Piloto”.

Etapa 3.1 - Realizar a intersecção tabular

Linhas Diretas para o campus Darcy Ribeiro

```
73 # 3. Realizar as comparacoes de area urbana e area de cobertura do Transporte P
74
75 # 3.1. Comparar o Buffer da area urbana corrigida e o Buffer das linhas diretas
76 arcpy.TabulateIntersection_analysis(in_zone_features="Area_Urbana_RAs_Corrigida
77                                     in_class_features= Nome_Buffer_Linhas_Direta
78                                     out_table="P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Lin
79                                     class_fields="linha", sum_fields="", xy_tolera
80
```

Figura 5.21 - Parte do código referente a execução da intersecção tabular para a área de cobertura das linhas diretas

Fonte: Própria (2019)

A ferramenta de geoprocessamento “Intersecção Tabular” exige a especificação dos nomes dos arquivos shapefile de entrada, dos dois campos de atributos, sendo um referente às zonas que são usadas para comparação e outro à classe para agrupar os resultados. Cada arquivo de entrada está associado a um desses campos. O arquivo shapefile referente às Regiões Administrativas fornece o campo de atributo “RA_NOME” para determinar as zonas de comparação, o arquivo shapefile referente às linhas fornece o campo “linha” para classificar os resultados. Esta etapa do projeto se refere às linhas diretas para o campus Darcy Ribeiro nos quais são utilizados os seguintes dados:

- Nomes dos arquivos de entrada: “Area_Urbana_RAs_Corrigida” e “Buffer_Linhas_Diretas_Onibus_UnB_450M”, o qual é representada no código por sua variável;
- Saída: “P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Linhas_Diretas_Onibus_UnB.dbf”; o nome do arquivo de saída possui a extensão “.dbf” para que possa posteriormente ser exportado para o formato “.xls” do Excel;
- Primeiro campo de atributos: “RA_NOME” que se refere à área urbana das Regiões Administrativas;
- Segundo campo de atributos: "linha" que se refere às linhas diretas de ônibus.

Linhas integradas para a Rodoviária do Plano Piloto

```
86 | # 3. Realizar as comparacoes de area urbana e influencia do Transporte Publico
87
88 # 3.1. Comparar o Buffer da area urbana corrigida e o Buffer da uniao do metro
89 arcpy.TabulateIntersection_analysis(in_zone_features="Area_Urbana_RAs_Corrigida
90                                     in_class_features="Buffer_STP_Metro_Linhas_0
91                                     out_table="P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Met
92                                     class_fields="linha", sum_fields="", xy_tolera
93
```

Figura 5.22 - Parte do código referente a execução da intersecção tabular para a área de cobertura das linhas integradas

Fonte: Própria (2019)

O procedimento anterior da ferramenta de geoprocessamento “Intersecção Tabular” é repetido para as linhas para o terminal “Rodoviária do Plano Piloto”. Nesta etapa do projeto são utilizados os seguintes dados:

- Nomes dos arquivos de entrada: “Area_Urbana_RAs_Corrigida” e “Buffer_STP_Metro_Linhas_Onibus_Rodoviaria”;
- Saída: “P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Metro_Linhas_Onibus_Rodoviaria” e “.dbf”. O nome do arquivo de saída possui a extensão “.dbf” para que possa posteriormente ser exportado para o formato “.xls” do Excel;
- Primeiro campo de atributos: “RA_NOME” que se refere à área urbana das Regiões Administrativas;
- Segundo campo de atributos: “linha” que se refere às linhas para o terminal “Rodoviária do Plano Piloto”.

Etapa 3.2 – Conversão para Excel e contagem de linhas

```
81 | # 3.2. Exportar a tabela P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Linhas_Diretas_Onibus_U
82 | arcpy.TableToExcel_conversion(Input_Table="P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Linha
83 |                               Output_Excel_File="P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_
84 |                               Use_field_alias_as_column_header="NAME", Use_domain
85 |
```

Figura 5.23 - Parte do código referente a exportação da tabela da intersecção das linhas diretas

Fonte: Própria (2019)

A ferramenta de conversão de arquivos “Tabela para Excel” exige a especificação do nome do arquivo shapefile de entrada e do nome do arquivo de saída. Nesta etapa do projeto referente às linhas diretas para o campus Darcy Ribeiro são utilizados os seguintes dados:

- Entrada: “P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Linhas_Diretas_Onibus_UnB.dbf”;
- Saída: “P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Linhas_Diretas_Onibus_UnB.xls”;

```
94 | # 3.2. Exportar a tabela P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Metro_Linhas_Onibus_Rod
95 | arcpy.TableToExcel_conversion(Input_Table="P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Metro
96 |                               Output_Excel_File="P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_
97 |                               Use_field_alias_as_column_header="NAME", Use_domain
98 |
```

Figura 5.24 - Parte referente a exportação da tabela da intersecção das linhas integradas

Fonte: Própria (2019)

O procedimento anterior da ferramenta de conversão “Tabela para Excel” é repetido para as linhas para o terminal “Rodoviária do Plano Piloto”. Nesta etapa do projeto são utilizados os seguintes dados:

- Entrada:
“P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Metro_Linhas_Onibus_Rodoviaria.dbf”;
- Saída:
“P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Metro_Linhas_Onibus_Rodoviaria.xls”.

6 - RESULTADOS E ANÁLISE

6.1. DESCRIÇÃO DOS DADOS

Os dados georreferenciados sobre as linhas do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal (STPC/DF) e as macrozonas do PDTT/DF indicam a quantidade de 855 linhas ao longo de 37 Regiões Administrativas. 273 linhas têm como destino o campus Darcy Ribeiro, das quais 55 são linhas diretas e 235 são linhas integradas. Vale ressaltar que 17 das 273 linhas se repetem, estando presentes tanto nas linhas diretas como nas linhas integradas.

A partir da definição do projeto em definir tipos de linhas como diretas ou integradas, entende-se que essa mesma classificação seja pertinente para a descrição dos dados de forma estatística. Portanto, dividem-se os dados em linhas diretas, linhas integradas e a junção das duas. Esses dados são descritos através dos valores da média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação, os quais são mostrados na tabela 6.1 a seguir:

Tabela 6.1 - Descrição estatística dos dados de quantidade de linha

Tipo	Quantidade	Média	Mediana	Desvio Padrão	Coeficiente de variação
Linhas diretas	55	14,1	8	15,1	106,7%
Linhas integradas	235	51,0	39	53,8	105,6%
Total	273	61,1	46	63,0	103,1%

Fonte: Própria (2019)

A tabela com a quantidade de linhas para acesso ao campus Darcy Ribeiro por Regiões Administrativas (RA) está disponível na tabela A.1 nos anexos. Ela possui os campos: número de identificação (ID), número de linhas diretas, número de linhas integradas e número total de linhas. Essa tabela está ordenada de forma decrescente de acordo com a quantidade total de linhas que percorrem as RA's. Utiliza-se o número de identificação (ID) para marcar essa ordem, a qual varia entre os valores de ID 0 a 36.

12 Regiões Administrativas (RA's) estão marcadas em destaque nas tabelas de quantidade de linhas por RA. Essas regiões foram selecionadas como o grupo crítico para

análise. Os nomes das RA's selecionadas para o grupo crítico estão marcados com as seguintes cores: com negrito e a cor preta para as regiões com maior quantidade de linhas e com negrito e vermelho para as regiões com menor quantidade de linhas.

Esse grupo é composto das 5 Regiões Administrativas com maior quantidade de linhas em relação a linhas diretas, linhas integradas e linhas totais e das 5 RA's com menor quantidade de linhas. Além das 10 primeiras selecionadas, incluem-se duas RA's com maior quantidade de linha. O Noroeste devido sua quantidade de linhas diretas e o Sudoeste/Octogonal devido a sua quantidade de linhas integradas. Vale ressaltar que existem cinco "RA's" que não possuem linhas diretas para o campus Darcy Ribeiro. São eles: Brazlândia, Santa Maria, Cidade Ocidental, Novo Gama e Santo Antônio do Descoberto. Os dados dessas RA's são mostrados na tabela 6.2 a seguir:

Tabela 6.2 - Quantidade de linhas do grupo crítico

ID	Região Administrativa	Número de linhas diretas	Número de linhas integradas	Número total de linhas	Sistema Metroviário
0	Asa Norte	55	233	271	Não
1	Plano Piloto	55	233	271	Não
2	Asa Sul	33	141	171	Sim
3	Lago Norte	53	83	121	Não
4	Guará	16	90	106	Sim
5	Sudoeste/Octogonal	11	91	102	Não
17	Noroeste	36	22	48	Não
32	Brazlândia	0	6	6	Não
33	Santa Maria	0	5	5	Não
34	Cidade Ocidental	0	2	2	Não
35	Novo Gama	0	1	1	Não
36	Santo Antônio do Descoberto	0	1	1	Não

Fonte: Própria (2019)

A tabela sobre as quantidades de linhas também pode ser expressa em termos de porcentagem de linhas. Ao considerar a quantidade de linha de determinada Região Administrativa (RA) dividida pelo total de linhas diretas (55 linhas) ou pelo total de linhas integradas (235 linhas) ou pelo total de linhas (273 linhas), obtém-se a tabela A.1 em anexo, com as porcentagens que cada "RA" possui de linhas. Essa tabela possui os campos "P% 55

(Linhas diretas)”, “P% 235 (Linhas integradas)” e “P% 273 (Todas linhas)”, os quais se referem a quantidade de linha por RA dividida pelo total do tipo de linha considerado (as linhas diretas são divididas por 55, as linhas integradas por 235 e as junção das linhas por 273). A seguir, está a tabela 6.3, a qual é extraída da tabela A.1, escolhendo somente o grupo crítico de RA.

Tabela 6.3 - Quantidade e porcentagem de linhas do grupo crítico

Região Administrativa	Número de linhas diretas	P% 55 (Linhas diretas)	Número de linhas integradas	P% 235 (Linhas integradas)	Número total de linhas	P% 273 (Todas linhas)
Asa Norte	55	100%	233	99%	271	99%
Plano Piloto	55	100%	233	99%	271	99%
Asa Sul	33	60%	141	60%	171	63%
Lago Norte	53	96%	83	35%	121	44%
Guará	16	29%	90	38%	106	39%
Sudoeste/Octogonal	11	20%	91	39%	102	37%
Noroeste	36	65%	22	9%	48	18%
Brazlândia	0	0%	6	3%	6	2%
Santa Maria	0	0%	5	2%	5	2%
Cidade Ocidental	0	0%	2	1%	2	1%
Novo Gama	0	0%	1	0%	1	0%
Santo Antônio do Descoberto	0	0%	1	0%	1	0%

Fonte: Própria (2019)

Além dos dados já citados, também é interessante ter uma noção sobre a quantidade de linhas que não tem como destino o campus Darcy Ribeiro. Portanto, optou-se por incluir dentro dos dados a quantidade total de linhas para diversos destinos por RA, incluindo o campus Darcy Ribeiro e o terminal “Rodoviária do Plano Piloto”. Esses dados estão disponíveis na tabela A.2 nos anexos. Os dados referentes ao grupo crítico estão descritos na tabela 6.4 a seguir:

Tabela 6.4 - Quantidade de linhas do grupo crítico considerando todos os destinos do Distrito Federal

Região Administrativa	Número de Linhas
Plano Piloto	524
Asa Norte	406
Asa Sul	271
Guará	269
Lago Norte	249
Sudoeste/Octogonal	246
Noroeste	146
Santa Maria	58
Brazlândia	37
Novo Gama	32
Cidade Ocidental	5
Santo Antônio do Descoberto	4

Fonte: Própria (2019)

6.2. INTERPRETAÇÕES SOBRE OS RESULTADOS

As principais observações referentes aos dados se referem ao alto valor do desvio padrão, à alta porcentagem de linhas nos primeiros colocados, ao decréscimo acentuado e lento da quantidade de linhas das Regiões Administrativas e a baixa porcentagem de algumas Regiões Administrativas.

6.2.1. ANÁLISE DA MÉDIA, MEDIANA E DESVIO PADRÃO

A partir da análise dos valores de média, mediana, desvio padrão e coeficiente de variação é possível entender que a quantidade de linha possui alta variação ao longo das Regiões Administrativas. O primeiro passo para justificar essa afirmação é comparar o tamanho do intervalo da quantidade de linhas e seus valores de máximo, de mínimo, de desvio padrão, de média e de mediana.

Em relação à quantidade de linhas diretas por Região Administrativa (RA), essa quantidade varia de 0 a 55 linhas. A média desses valores é aproximadamente igual a 14, a

mediana igual a 8 e o desvio padrão é igual a 15. Isso indica que a metade das RA's tem menos que 8 linhas. A média está bem acima do valor da mediana (representada por Sobradinho II), o que explica um desvio padrão maior do que o valor da média. Quando se compara o coeficiente de variação percebe-se o valor do desvio padrão acima de 100% do valor da média, no caso 106,7%. Esses resultados são indicativos que mostram uma concentração de linhas em poucas RA's, enquanto, outras possuem uma menor disponibilidade de linhas. Em relação a maior quantidade de linhas se destacam Asa Norte, Plano Piloto, Lago Norte, Noroeste e Asa Sul, sendo a Asa Sul e o Plano Piloto percorrido pelo sistema metroviário e rodoviário.

Este resultado pode ser melhor visualizado na figura 6.1 que representa a curva de densidade e o histograma das linhas diretas. O gráfico deixa claro que há uma concentração de dados nos primeiros intervalos do histograma.

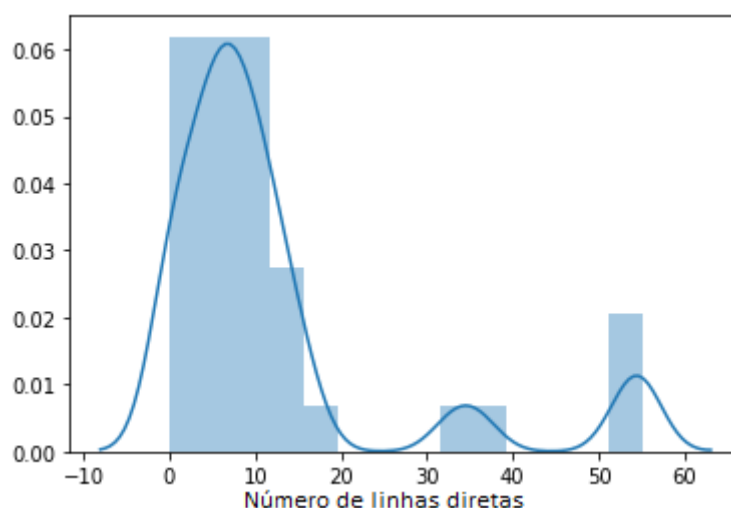


Figura 6.1 - Curva de densidade das linhas diretas

Fonte: Própria (2019)

Em relação à quantidade de linhas integradas por Região Administrativa (RA), essa quantidade varia de 1 a 233 linhas. A média desses valores é aproximadamente igual a 51, a mediana igual a 39 e o desvio padrão é igual a 54. Isso indica que a metade das RA's tem menos que 39 linhas. A média está bem acima do valor da mediana (representada por Ceilândia Sul), o que explica um desvio padrão maior do que o valor da média. Quando se compara o coeficiente de variação percebe-se o valor do desvio padrão acima de 100% do valor da média,

no caso 105,6%. Esses resultados são indicativos que mostram uma concentração de linhas em poucas RA's, enquanto, outras possuem uma menor disponibilidade de linhas. Em relação a maior quantidade de linhas se destacam Asa Norte, Plano Piloto, Asa Sul, Sudoeste/Octogonal e Guará, sendo a Asa Sul, Plano Piloto e Guará percorrido pelo sistema metroviário e rodoviário.

Este resultado pode ser melhor visualizado na figura 6.2 que representa a curva de densidade e o histograma das linhas integradas. Há uma concentração de dados entre 0 a 100 linhas, enquanto, existem espaços vazios entre 100 e 150, 150 a 200, mostrando como os valores de 150 e acima de 200 são valores isolados.

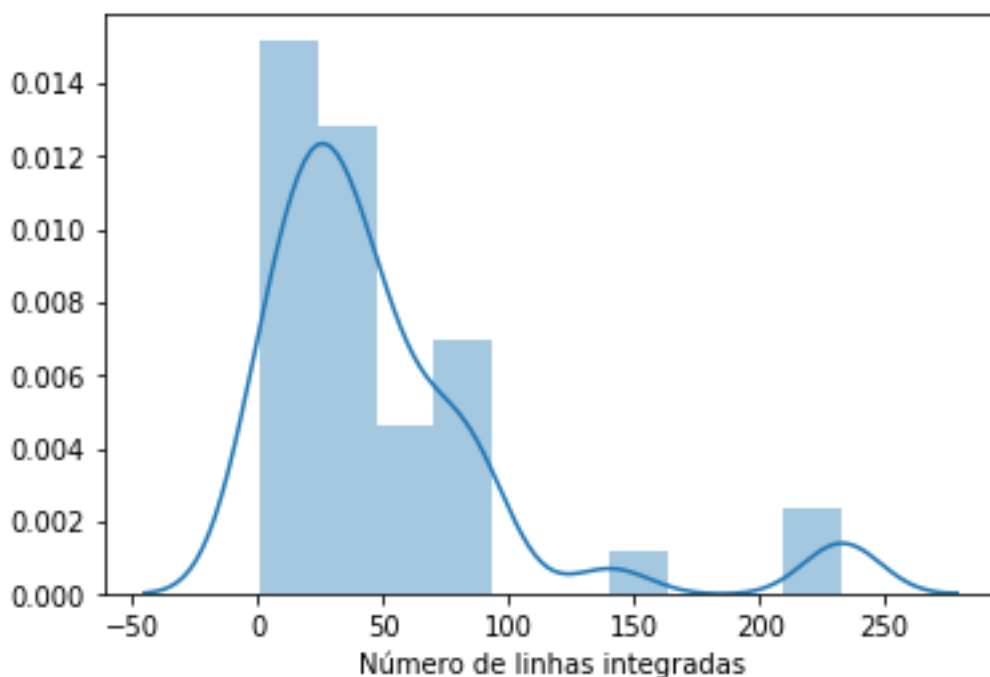


Figura 6.2 - Curva de densidade para linhas integradas

Fonte: Própria (2019)

Em relação à junção da quantidade de linhas por Região Administrativa (RA), essa quantidade varia de 1 a 271 linhas. A média desses valores é aproximadamente igual a 61, a mediana igual a 46 e o desvio padrão é igual a 63. Isso indica que a metade das RA's tem menos que 46 linhas. A média está bem acima do valor da mediana (representada por Riacho Fundo II), o que explica um desvio padrão maior do que o valor da média. Quando se compara o

coeficiente de variação percebe-se o valor do desvio padrão acima de 100% do valor da média, no caso 103,1%. Esses resultados são indicativos que mostram uma concentração de linhas em poucas RA's, enquanto, outras possuem uma menor disponibilidade de linhas. Em relação a maior quantidade de linhas se destacam Asa Norte, Plano Piloto, Asa Sul, Lago Norte e Guará, sendo a Asa Sul, Plano Piloto e Guará percorrido pelo sistema metroviário e rodoviário.

Este resultado pode ser melhor visualizado na figura 6.3 que representa a curva de densidade e o histograma das linhas diretas e integradas. Há uma concentração de dados entre 0 a 50 linhas, enquanto, existem espaços vazios entre 180 e 250. Quando se compara os dois tipos de linhas juntos a desigualdade de quantidade de linhas é menor, a figura 6.3 mostra como a um melhor espalhamento dos dados.

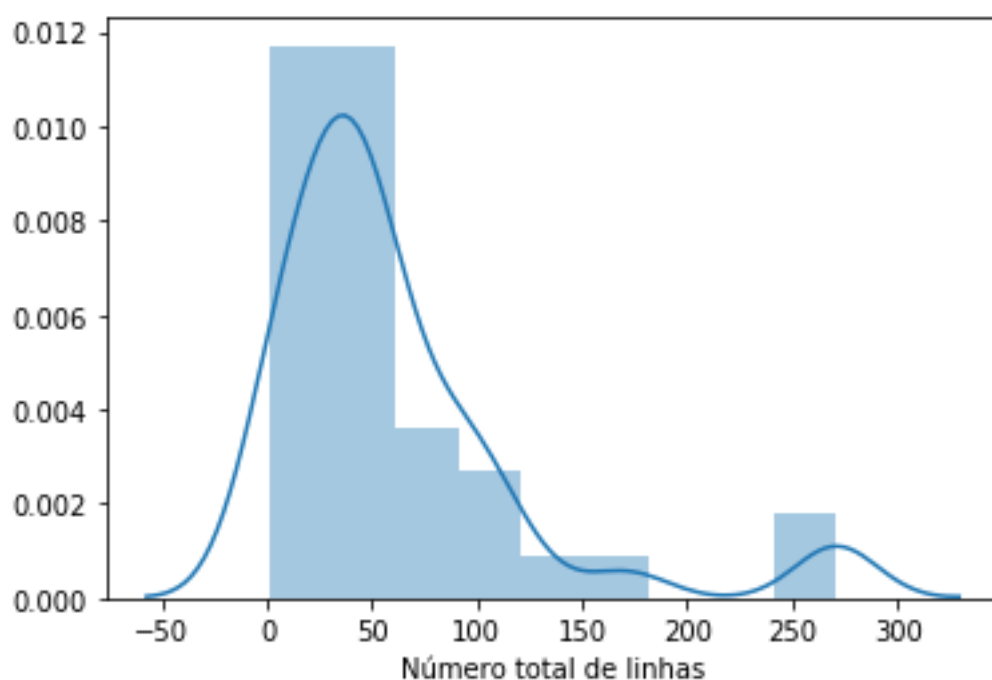


Figura 6.3 - Curva de densidade junção linhas diretas e integradas

Fonte: Própria(2019)

Ao comparar os dados da quantidade das linhas diretas e integradas, observou-se que todos os tipos de linha possuem o mesmo comportamento: a concentração de linhas em determinadas Regiões Administrativas (RA's). O que se difere em relação a cada tipo de linha são as Regiões Administrativas com maior ou menor quantidade.

Em termos gerais, existem Regiões Administrativas (RA's) que se mantem na mesma ordem de quantidade de linhas, independentemente do tipo de linha considerado, RA's como Asa Norte, Plano Piloto, Asa Sul, Recanto das Emas, Gama, Brazlândia. Porém, também, existem RA's que variam bastante sua posição, tais como, o Noroeste, o qual é o quarto na quantidade de linhas diretas e vigésimo oitavo nas linhas integradas. Também são exemplo as seguintes RA's: Candangolândia, Lago Norte, Núcleo Bandeirante, Riacho Fundo II.

6.2.2. ANÁLISE DOS GRÁFICOS

Como realizado nas tabelas anteriores, os dados são divididos em linhas diretas, linhas integradas e a junção dos dois. A tabela A.1 de quantidade de linhas por Região RA's é representada a seguir por meio de gráficos. O intuito dessas representações é demonstrar visualmente o comportamento de decréscimo acentuado no início e de decréscimo lento no final.

O gráfico na figura 6.4 a seguir referente à quantidade de linhas totais mostra um decréscimo acentuado, algo próximo de 60% em relação ao total de linhas disponíveis (273 linhas), das Regiões Administrativas (RA's) do Plano Piloto (271 linhas), Asa Norte, Asa Sul, Lago Norte até o Guará (106 linhas), sendo a variação no intervalo entre essas 5 RA's de 165 linhas. A parcela restante das RA's é representada com um decréscimo mais lento, o qual varia de 106 linhas a 1 linha nas 32 RA's restantes.

O gráfico na figura 6.5 a seguir referente à quantidade de linhas integradas mostra um decréscimo acentuado, algo próximo de 60% em relação ao total de linhas disponíveis (233 linhas), das Regiões Administrativas (RA's) do Plano Piloto (233 linhas), Asa Norte, Asa Sul, Sudoeste/Octogonal até o Guará (90 linhas), sendo a variação no intervalo entre essas 5 RA's de 135 linhas. A parcela restante das RA's é representada com um decréscimo mais lento, o qual varia de 90 linhas a 0 linha nas 32 RA's restantes.

O gráfico na figura 6.6 a seguir referente à quantidade de linhas diretas mostra dois decréscimos acentuados, algo próximo de 35% e 36% em relação ao total de linhas disponíveis (55 linhas), das Regiões Administrativas (RA's). A variação de 35% se refere ao intervalo do Plano Piloto (55 linhas), Asa Norte, Lago Norte até o Noroeste (36 linhas), sendo a variação no

intervalo entre essas 4 RA's de 19 linhas. Já a variação de 36% se refere ao intervalo do Noroeste, Asa Sul até o Guará (16 linhas), sendo a variação no intervalo entre essas 3 RA's de 20 linhas. A parcela restante das RA's é representada com um decréscimo mais lento, o qual varia de 16 linhas a 0 linha nas 31 RA's restantes.

A fim de descrever melhor essas observações, geraram-se os gráficos referentes à quantidade de linhas e as Regiões Administrativa a seguir:

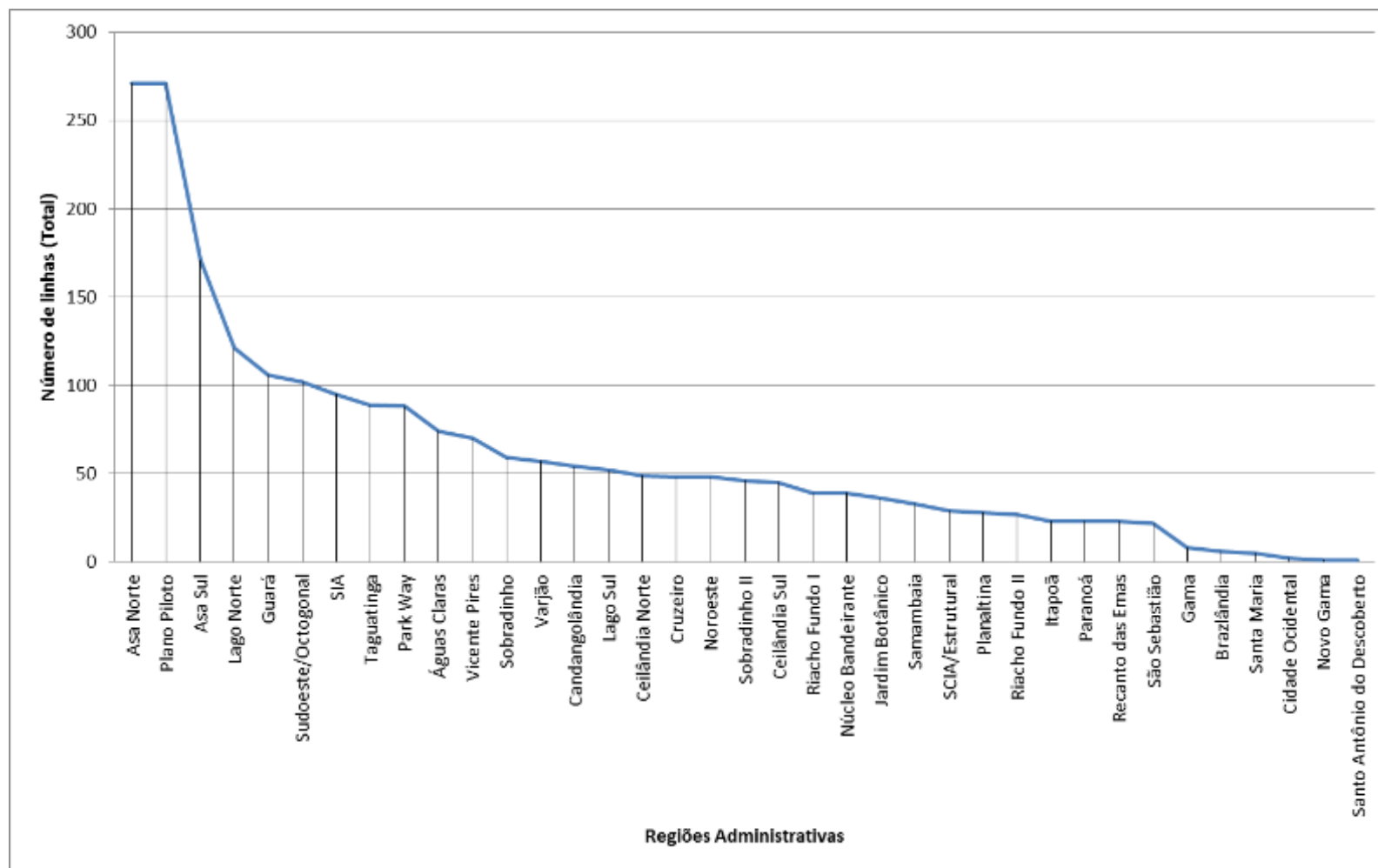


Figura 6.4 - Gráfico do número de linhas por Região Administrativa

Fonte: Própria (2019)

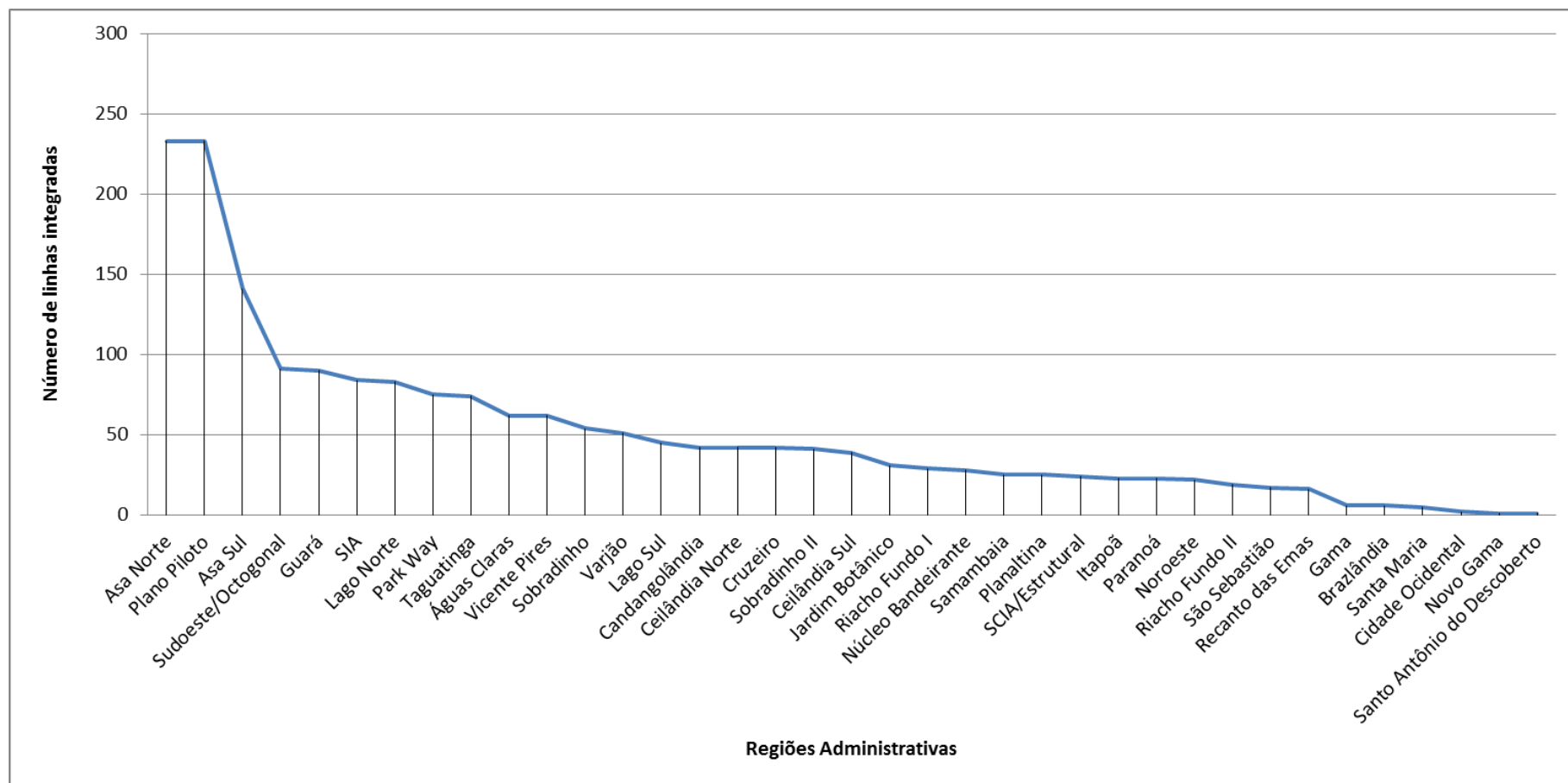


Figura 6.5 - Gráfico do número de linhas integradas por Região Administrativa

Fonte: Própria (2019)

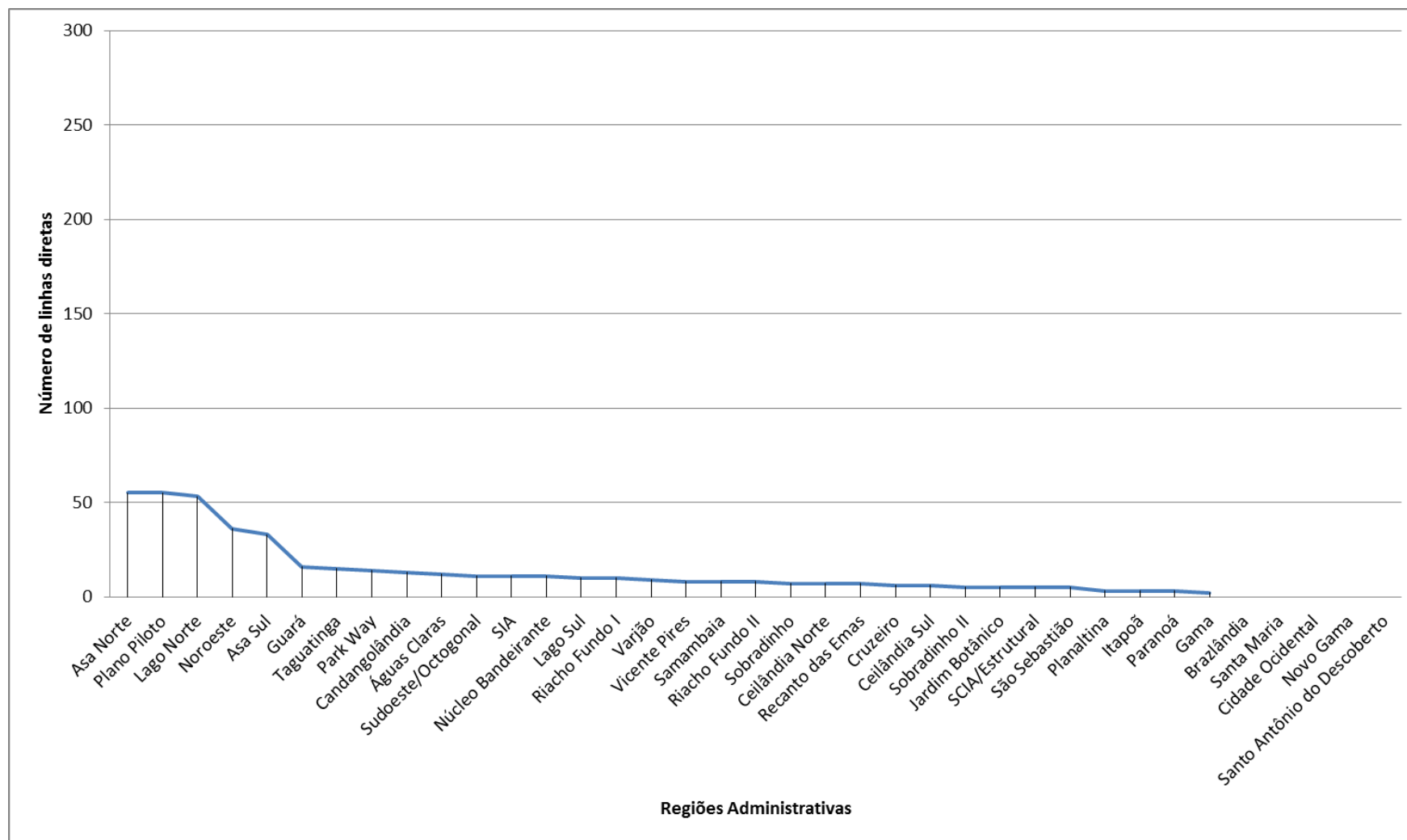


Figura 6.6 - Gráfico do número de linhas diretas por Região Administrativa

Fonte: Própria (2019)

6.3. COMPARAÇÕES COM A LITERATURA

Este subcapítulo do projeto tem o objetivo de fundamentar e confrontar os resultados da análise dos gráficos e tabelas anteriores. O estudo dos resultados mostra um comportamento padrão em relação aos tipos de linhas: existem concentração e variação acentuada da quantidade de linhas nas Regiões Administrativas (RA's).

Este resultado corrobora com a descrição feita pelo PDTT/DF e PDTU/DF, os quais consideram que existem desigualdade e insuficiência de oferta do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal (STPC/DF). Essa característica está relacionada com a preferência do uso de áreas centrais, as quais acumulam a maior parte das oportunidades de emprego (GDF, 2010; METRÔ-DF, 2017; MORAIS, 2017).

As principais Regiões Administrativas (RA's) por quantidade de linhas são Plano Piloto, Asa Norte, Asa Sul, Lago Norte e Guará. Como o destino das linhas para o campus Darcy Ribeiro e para o terminal "Rodoviária do Plano Piloto" está inserido nas RA's da Asa Norte e Plano Piloto, era esperado que essas regiões possuíssem maior quantidade de linhas. Asa Sul e Lago Norte são regiões próximas ao campus e compõe o centro de atratividade de viagens que é Brasília (METRÔ-DF, 2017).

O que se questiona da quantidade de linhas é o seu decréscimo acentuado e lento, pois, isso pode indicar que existe Regiões Administrativas com maior oferta e regiões com demanda não sendo atendidas. A fim de avaliar essa variação é importante considerar dois fatores que a quantidade de linhas não fornece: a influência da frequência, a qual está relacionada diretamente com a oferta de transporte, e a existência de demanda suficiente que justifique a presença ou ausência de linhas.

A frequência está relacionada com um aspecto da disponibilidade de oferta de Transporte Público, o tempo de espera (VUCHIC, 2004). Além de avaliar a quantidade de linhas é importante verificar se o que foi proposto por este projeto final está em acordo com a frequência das linhas, principalmente, em relação ao grupo crítico das Regiões Administrativas (RA's). Vale ressaltar, como que as RA's que estão classificadas com a menores quantidades de linhas também enfrentam a dificuldade de se prover uma oferta com maior frequência devido a sua distância, tempo de viagem e característica de viagem pendular (METRÔ-DF, 2017). Além da possibilidade da viabilidade econômica de se

aumentar a frequência, também, existe o fato da necessidade de demanda para a oferta. É necessário avaliar se a menor quantidade de linhas está relacionada com a menor ou maior demanda.

Em um estudo sobre a avaliação do Transporte Público pelos usuários da Universidade de Brasília, Pereira (2017) identificou em seu questionário a seguinte contagem em relação à residência dos usuários respondentes:

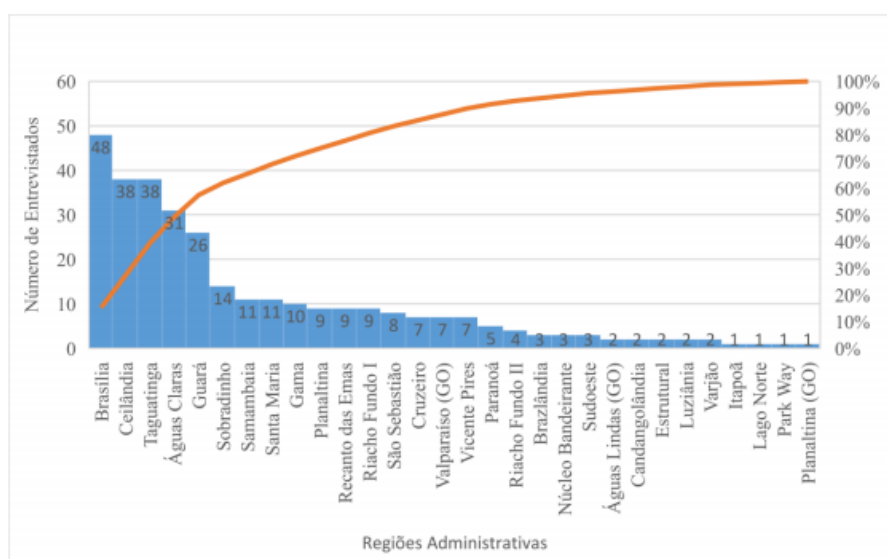


Figura 6.7 - Gráfico do número de respondentes por Região Administrativa

Fonte: Pereira (2017)

Sendo a maior parte residente em Brasília, o que compõe as Regiões Administrativas do Plano Piloto, Asa Norte, Asa Sul, Lago Norte, Noroeste. O gráfico indica as regiões de Ceilândia, Taguatinga, Águas Claras com maior quantidade de residentes. Vale ressaltar que Ceilândia, Taguatinga e Samambaia são umas cidades mais populosas do Distrito Federal.

Quando comparado esses valores com a quantidade de linhas pode se esperar que a Região Administrativa do Guará estivesse com maior quantidade de residentes do que Ceilândia e Taguatinga. A Região Administrativa (RA) de Santa Maria aparece com a oitava posição em relação a residentes, quando comparada com quantidade de linhas diretas ela está no grupo crítico entre as piores RA's. O mesmo acontece com o Gama.

As Regiões Administrativas (RA's) com menor quantidade de linhas são Brazlândia, Santa Maria, Cidade Ocidental, Novo Gama, Santo Antônio do Descoberto. Essas regiões são negativamente influenciadas pela configuração territorial do Distrito Federal. Como elas se formaram como cidades isoladas do polo de emprego e estudo que é o centro de Brasília, elas se tornaram núcleos periféricos que geram viagens pendulares. Elas enfrentam mais trechos congestionados em longas distâncias e com longo tempo de viagem, o que implica na diminuição da atratividade do Transporte Público (METRÔ-DF, 2017).

7 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O Distrito Federal apresenta uma oferta de Transporte Público desigual ao longo do seu território (METRÔ-DF, 2017). Essa desigualdade de oferta também é observada quando se compara a disponibilidade de oferta de linhas do Sistema de Transporte Público para acesso ao campus Darcy Ribeiro por Região Administrativa (RA).

O objetivo geral do projeto é atendido, visto que os objetivos específicos, os quais fazem parte da caracterização da oferta de disponibilidade de linhas foram cumpridos, isto é, os seguintes objetivos: identificar quantidade de linhas por RA, identificar RA com maior concentração de linhas, identificar RA com menor concentração e analisar a dispersão da quantidade de linhas em relação às RAs.

Em relação ao objetivo de identificação e análise da dispersão da quantidade de linhas, são contabilizadas 55 linhas diretas e 235 linhas integradas do Sistema de Transporte Público Coletivo do Distrito Federal para acesso ao campus Darcy Ribeiro. Essas linhas estão distribuídas de tal forma que há um decréscimo acentuado (algo próximo da variação de 60%) nas primeiras RAs e um decréscimo lento nas restantes. Isso configura uma distribuição de quantidade de linha por RA desigual, tanto para linhas diretas como para linhas indiretas.

Em relação ao objetivo de identificação de RAs com maior ou menor concentração de linhas do Sistema de Transporte Público para o campus Darcy Ribeiro, destacam-se com maior quantidade de linhas as RA's: Plano Piloto (55 linhas diretas e 233 linhas integradas), Asa Norte (55 linhas diretas e 233 linhas integradas), Asa Sul (33 linhas diretas e 141 linhas integradas), Lago Norte (53 linhas diretas e 83 linhas integradas) e Guará (16 linhas diretas e 90 linhas integradas). Em relação a menor quantidade se destacam: Brazlândia (0 linhas diretas e 6 integradas), Santa Maria (0 linhas diretas e 5 linhas integradas), Cidade Ocidental (0 linhas diretas e 2 linhas integradas), Novo Gama (0 linhas diretas e 1 linha integrada e Santo Antônio do Descoberto (0 linhas diretas e 1 linha integrada).

A identificação de desigualdade de oferta de linhas para regiões periféricas, tais como Santa Maria, Brazlândia, Planaltina, Gama, colaboram com a identificação de pontos críticos e estratégicos para melhoria do Sistema de Transporte Público. As regiões

periféricas são penalizadas duas vezes, por possuir uma menor quantidade de linhas e por possuir uma frequência limitada devido ao seu alto custo de operação.

Vale ressaltar que um dos objetivos do projeto é identificar RA's com poucas linhas, isso, pois, são regiões que necessitam de fortalecimento de integração com outras linhas, manutenção e melhoria da eficiência da frequência das linhas ou a possível criação de linhas, visto que como há poucas linhas há menor quantidade de opções para o usuário.

O que se sugere em relação às regiões com maior quantidade de linha é a revisão da necessidade e da eficiência desse sistema. O excesso de linha pode ser um indicativo da necessidade de um sistema de transporte de alta capacidade (METRÔ-DF, 2017). Uma menor quantidade de linhas possibilita a maior frequência do serviço o que influencia a confiabilidade da linha e aumenta a atratividade para os usuários (VUCHIC, 2004).

É importante salientar que a metodologia de intersecção de área de cobertura pode ser melhorada em diversos aspectos. Entre eles estão: a mudança do objeto da análise Buffer das linhas de ônibus para análise Buffer nas paradas de ônibus. Isso permite uma maior precisão na área de cobertura do Sistema de Transporte Urbano.

Além disso, também é importante o estudo da oferta em termos de frequência, a qual pode ser descrita como número de viagens da linha, e o estudo da demanda para justificativa da oferta disponível. O estudo da oferta e demanda permite a correta compreensão do número de linhas ofertadas. Uma baixa quantidade de linhas pode ser justificada por baixa demanda. Uma alta demanda pode ser justificada por uma baixa quantidade de linhas com alta frequência.

A utilização desta metodologia para acesso ao campus Darcy Ribeiro pode ser replicada para os outros câmpus da Universidade de Brasília e para outras localidades. A utilização de um código em Python possibilita que a metodologia seja replicada para outras áreas de forma mais simples. Assim, é possível mapear a oferta de disponibilidade de linhas para universidades, hospitais e outras instituições. Outra possibilidade seria alterar a classificação por RA e utilizar outra divisão para área, como bairros ou regiões menores, caracterizando unidades mais específicas.

É importante frisar que o objetivo deste projeto não é o incentivo ao aumento ou diminuição da quantidade de linhas ofertadas. A intenção do mesmo é identificar pontos críticos para observação da oferta de linhas. O planejamento de linhas do Sistema de

Transporte Público deve ser o aumento de eficiência e de benefícios gerados pelo mesmo (VUCHIC, 2004). Isso pode ser alcançado tanto pela melhoria da integração entre linhas ou pela utilização de transporte de maior capacidade ou pela criação de novas linhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARUWAJOYE, Ayomikun Oluleke. Previsão de demanda de transporte no campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília. 2016.

CARRAZZA, Marcello Sargaço. Desafios da mobilidade urbana do DF: a avaliação da qualidade do serviço de transporte público coletivo ao campus Darcy Ribeiro. 2018.

CEPLAN/UNB.(1992) Plano de circulação do Campus. Centro de Planejamento Oscar Niemeyer. Acesso em 26 de novembro de 2018. Disponível em: <http://www.ceplan.unb.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=57:1992-plano-de-circulacao-do-campus&id=1:planejamento&Itemid=682>

CHANG, Kang-Tsung. Introduction to geographic information systems. Boston: McGraw-Hill Higher Education, 2006.

COMPANHIA DO METROPOLITANO DO DISTRITO FEDERAL - METRÔ-DF. (2017). Plano de Desenvolvimento do Transporte Público sobre Trilhos do Distrito Federal – PDTT/DF: Relatório das Matrizes de Viagens e da Rede Analítica - Diagnostico. Disponível em: http://www.metro.df.gov.br/arquivos/relatorios_finais_PDTT_PMU.rar. Acesso em: 1 dez. 2019.

DENATRAN/FGV.(2001). Manual de procedimentos para o tratamento de pólos geradores de tráfego. Departamento Nacional de Trânsito/Fundação Getúlio Vargas. Brasília. Acesso em 11 de novembro de 2018. Disponível em: <<https://www.denatran.gov.br/images/Educacao/Publicacoes/PolosGeradores.pdf>>.

FARIAS, André Rodrigo et al. Identificação, mapeamento e quantificação das áreas urbanas do Brasil. Embrapa Gestão Territorial-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2017.

FERRAZ, Antonio Clovis Pinto; TORRES, Isaac Guillermo Espinosa. Transporte público urbano. RiMa Editora, 2001.

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA.(2018). Anuário Estatístico da UnB 2018. Brasília. Acesso em 23 de novembro de 2017. Disponível em: <http://www.dpo.unb.br/index.php?option=com_phocadownload&view=category&download=852:anuario-estatistico-2018&id=56:anuario-estatistico&Itemid=872>.

GDF. (2010). Plano Diretor de transporte urbano e mobilidade do Distrito Federal. Governo do Distrito Federal. Secretaria de Estado de Transporte, Brasília. Acesso em 23 de novembro de 2018. Disponível em: <http://editais.st.df.gov.br/pdtu/final/relatorio_final.pdf>.

GOMIDE, Alexandre de Ávila; LEITE, Sabina Kauark; REBELO, Jorge. Transporte público e pobreza urbana: um índice-síntese de serviço adequado. 2006.

LEI, Ting L.; CHURCH, Richard L. Mapping transit - based access: integrating GIS, routes and schedules. International Journal of Geographical Information Science, v. 24, n. 2, p. 283-304, 2010.

MARKS, Michael; MASON, Jacob; OLIVEIRA, Gabriel. People near transit: Improving accessibility and rapid transit coverage in large cities. 2016.

MAVOA, Suzanne et al. GIS based destination accessibility via public transit and walking in Auckland, New Zealand. *Journal of Transport Geography*, v. 20, n. 1, p. 15-22, 2012.

MORAIS, Jéssica Rayane de Araújo. Estudo e reflexões sobre o planejamento operacional do sistema de transporte público por ônibus: estudo de caso da Região Administrativa de Brasília/DF (RA IV). 2017.

OLIVEIRA, A. Um índice para o planejamento de mobilidade com foco em grandes Polos Geradores de Viagens - Desenvolvimento e aplicação em um campus universitário. 2015. 197 p. Dissertação (Mestrado em Ciências)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

ORTÚZAR, J; WILLUMSEN, L. *Modelling Transport*. 4ª. ed. Reino Unido: John Wiley And Sons, 2011. 586 p.

PARRA, M. C. (2006) Gerenciamento da Mobilidade em Campi Universitários: Problemas, Dificuldades e Possíveis Soluções no Caso da Ilha do Fundão – UFRJ. Dissertação de Mestrado, Programa de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

PEREIRA, Jullianny Isabelle da Silva. Avaliação da qualidade do transporte público coletivo por ônibus na percepção dos usuários da Universidade de Brasília. 2018.

REDE PGV. (2018). O que é um PGV. Rede Íbero-Americana de Estudo em Pólos Geradores de Viagens. Acesso em 23 de novembro de 2018. Disponível em: <<http://redpgv.coppe.ufrj.br/index.php/pt-BR/conceitos/o-que-e-um-pgv>>.

ROCHA, G. Análise de ferramentas computacionais para planejamento estratégico do uso do solo e transportes. 2010. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Operação de Sistemas de Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

RODRÍGUEZ-NÚÑEZ, Eduardo; GARCÍA-PALOMARES, Juan Carlos. Measuring the vulnerability of public transport networks. *Journal of transport geography*, v. 35, p. 50-63, 2014.

SCARINGELLA, Roberto Salvador. Uma Revisão no gerenciamento de mobilidade urbana. *Revista do Serviço Público*, v. 40, n. 1, p. 67-72, 1983.

SECRETARIA DE ESTADO E DESENVOLVIMENTO URBANO E HABITAÇÃO - SEDUH. (2016). Geoportal - Mapa Dinâmico do Distrito Federal. Disponível em: http://editais.st.df.gov.br/pdtu/final/relatorio_final.pdf. Acesso em 1 de dezembro de 2019.

SILVA, A. N. R. ; WAERDEN, P. V. D.; MANZATO, G. G.. Primeiros Passos com um Sistema de Informações Geográficas para Transportes. 2013.

TATEOSIAN, Laura. *Python For ArcGIS*. Springer, 2015.

VUCHIC, Vukan R. Urban transit: operations, planning, and economics. John Wiley & Sons, 2004.

WAERDEN, P; TIMMERMANS, H. Transportation Planning and the use of TransCAD. Transportes, [s.l.], v. 4, n. 1, p.25-37, 24 abr. 1996. Lepidus Tecnologia. 1996.

ZANDBERGEN, Paul A. Python scripting for ArcGIS. Esri press, 2015.

ANEXOS

A. Tabelas completas da quantidade de linhas disponíveis

Tabela A. 1 - Número e porcentagem de linhas por Região Administrativa

Região Administrativa	Número de linhas diretas	P% 55 (Linhas diretas)	Número de linhas integradas	P% 235 (Linhas integradas)	Número total de linhas	P% 273 (Todas linhas)
Asa Norte	55	100%	233	99%	271	99%
Plano Piloto	55	100%	233	99%	271	99%
Asa Sul	33	60%	141	60%	171	63%
Lago Norte	53	96%	83	35%	121	44%
Guará	16	29%	90	38%	106	39%
Sudoeste/Octogonal	11	20%	91	39%	102	37%
SAI	11	20%	84	36%	95	35%
Taguatinga	15	27%	74	31%	89	33%
Park Way	14	25%	75	32%	88	32%
Águas Claras	12	22%	62	26%	74	27%
Vicente Pires	8	15%	62	26%	70	26%
Sobradinho	7	13%	54	23%	59	22%
Varjão	9	16%	51	22%	57	21%
Candangolândia	13	24%	42	18%	54	20%
Lago Sul	10	18%	45	19%	52	19%
Ceilândia Norte	7	13%	42	18%	49	18%
Cruzeiro	6	11%	42	18%	48	18%
Noroeste	36	65%	22	9%	48	18%
Sobradinho II	5	9%	41	17%	46	17%
Ceilândia Sul	6	11%	39	17%	45	16%
Riacho Fundo I	10	18%	29	12%	39	14%
Núcleo Bandeirante	11	20%	28	12%	39	14%
Jardim Botânico	5	9%	31	13%	36	13%
Samambaia	8	15%	25	11%	33	12%
SCIA/Estrutural	5	9%	24	10%	29	11%
Planaltina	3	5%	25	11%	28	10%
Riacho Fundo II	8	15%	19	8%	27	10%
Itapoã	3	5%	23	10%	23	8%
Paranoá	3	5%	23	10%	23	8%
Recanto das Emas	7	13%	16	7%	23	8%
São Sebastião	5	9%	17	7%	22	8%
Gama	2	4%	6	3%	8	3%
Brazlândia	0	0%	6	3%	6	2%
Santa Maria	0	0%	5	2%	5	2%
Cidade Ocidental	0	0%	2	1%	2	1%
Novo Gama	0	0%	1	0%	1	0%
Santo Antônio do Descoberto	0	0%	1	0%	1	0%

Fonte: Própria (2019)

Tabela A. 2 - Número de linhas para todos destinos do Distrito Federal por RA

Região Administrativa	Número de Linhas
Plano Piloto	524
Asa Norte	406
Taguatinga	370
Águas Claras	282
Asa Sul	271
Guará	269
Park Way	253
SAI	250
Lago Norte	249
Vicente Pires	248
Sudoeste/Octogonal	246
Ceilândia Norte	230
Ceilândia Sul	213
Riacho Fundo I	191
Samambaia	176
Candangolândia	148
Noroeste	146
Sobradinho	143
Lago Sul	141
Cruzeiro	136
Núcleo Bandeirante	129
Riacho Fundo II	116
Recanto das Emas	116
Sobradinho II	104
Varjão	93
Planaltina	88
Jardim Botânico	85
Gama	76
SCIA/Estrutural	73
Itapoã	67
Paranoá	67
Santa Maria	58
São Sebastião	58
Brazlândia	37
Novo Gama	32
Valparaíso de Goiás	5
Cidade Ocidental	5
Santo Antônio do Descoberto	4
Cristalina	2
Planaltina-GO	1
Águas Lindas de Goiás	1

Fonte: Própria (2019)

B. CÓDIGO EM LINGUAGEM PYTHON

```
# -*- coding: utf-8 -*-
```

```
# Definir o caminho do ambiente de trabalho em que se encontra os shapefiles
```

```
arcpy.env.workspace = r"E:\Pessoal\UNB\2_2019\Metodologia"
```

```
# Definir variaveis
```

```
Distancia_Buffer_Metro = 1000
```

```
Distancia_Buffer_Linhas_Diretas_Onibus_UnB = 450
```

```
Distancia_Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria = 450
```

```
Nome_Buffer_Linhas_Diretas_Onibus_UnB = "Buffer_Linhas_Diretas_Onibus_UnB_" +  
str(Distancia_Buffer_Linhas_Diretas_Onibus_UnB) + "M"
```

```
Nome_Buffer_Metro = "Buffer_Metro_" + str(Distancia_Buffer_Metro) + "M"
```

```
Nome_Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria = "Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria_" +  
str(Distancia_Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria) + "M"
```

1. Producao da area de cobertura de linhas diretas para o campus Darcy Ribeiro

1.1. Producao da area de cobertura de linhas diretas de onibus para a UnB

1.1.1. Selecionar linhas diretas de onibus para a UnB

```
arcpy.SelectLayerByLocation_management(in_layer="vew_linhas_ativas", overlap_type="INTERSECT",  
                                       select_features="Selecao_linhas_de_onibus_diretas_UnB", selection_type="NEW_SELECTION")
```

1.1.2. Realizar o Buffer nas linhas diretas de onibus para a UnB agrupando as feicoes em relacao ao campo "linha"

```
arcpy.Buffer_analysis(in_features="vew_linhas_ativas", out_feature_class="Buffer_Linhas_Diretas_Onibus_UnB_" +  
str(Distancia_Buffer_Linhas_Diretas_Onibus_UnB) + "M",  
                     buffer_distance_or_field=str(Distancia_Buffer_Linhas_Diretas_Onibus_UnB) + " Meters",  
                     dissolve_option="LIST", dissolve_field="linha")
```

1.2. Producao da area de cobertura de linhas integradas para a Rodoviaria do Plano Piloto

1.2.1. Producao da area de cobertura das estacoes de metro para a Rodoviaria do Plano Piloto

1.2.1.2. Selecionar as estacoes em operacao

```
arcpy.SelectLayerByAttribute_management(in_layer_or_view="Estação de Metrô", selection_type="NEW_SELECTION",  
where_clause='"situacao" = \'Em operação\')
```

1.2.1.3. Realizar o Buffer nas estacoes em operacao agrupando as feicoes em relacao ao campo "linha"

```
arcpy.Buffer_analysis(in_features="Estação de Metrô", out_feature_class="Buffer_Metro_" + str(Distancia_Buffer_Metro) + "M",  
buffer_distance_or_field=str(Distancia_Buffer_Metro) + " Meters",  
dissolve_option="LIST", dissolve_field="linha")
```

1.2.2. Producao de area de cobertura das Linhas de Onibus Rodoviaria

1.2.2.1. Selecionar linhas de onibus proximas da Rodoviaria

```
arcpy.SelectLayerByLocation_management(in_layer="vew_linhas ativas", overlap_type="INTERSECT",
```

```
select_features="Selecao_Linhas_de_Onibus_Rodoviaria", selection_type="NEW_SELECTION")
```

1.2.2.2. Realizar o Buffer nas linhas de onibus para a Rodoviaria agrupando as feicoes em relacao ao campo "linha"

```
arcpy.Buffer_analysis(in_features="vew_linhas_ativas", out_feature_class="Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria_" +  
str(Distancia_Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria) + "M",
```

```
buffer_distance_or_field=str(Distancia_Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria) + " Meters",
```

```
dissolve_option="LIST", dissolve_field="linha")
```

1.2.3. Unir o Buffer do metro e o Buffer das linhas de onibus para Rodoviaria

```
arcpy.Merge_management(inputs= ''' + Nome_Buffer_Metro + ";" + Nome_Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria + ''',
```

```
output="Buffer_STP_Metro_Linhas_Onibus_Rodoviaria",
```

```
field_mappings='linha "linha" true true false 50 Text 0 0 ,First,#,' + Nome_Buffer_Metro + ',linha,-1,-1,' +  
Nome_Buffer_Linhas_Onibus_Rodoviaria + ',linha,-1,-1')
```

2. Producao das areas urbanas cobertas por Regiao Administrativa (RA)

2.2. Definir as areas urbanas das RAs fazendo a interseccao entre as feicoes das RAs e da area urbana do estudo da Embrapa

```
arcpy.Intersect_analysis(in_features="areas_urbanas_br_15 #;Macrozonas_Corrigidas #",  
out_feature_class="Area_Urbana_RAs",  
join_attributes="ALL", output_type="INPUT")
```

2.2. Dissolver o shapefile para que cada RAs possua apenas uma feicao

```
arcpy.Dissolve_management(in_features="Area_Urbana_RAs",  
out_feature_class="Area_Urbana_RAs_Corrigida",  
dissolve_field="RA_NOME", statistics_fields="", multi_part="MULTI_PART")
```

3. Realizar as comparacoes de area urbana e area de cobertura do Transporte Publico

3.1. Comparar o Buffer da area urbana corrigida e o Buffer das linhas diretas de onibus para UnB

```
arcpy.TabulateIntersection_analysis(in_zone_features="Area_Urbana_RAs_Corrigida", zone_fields="RA_NOME",  
                                   in_class_features= Nome_Buffer_Linhas_Diretas_Onibus_UnB,  
                                   out_table="P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Linhas_Diretas_Onibus_UnB.dbf",  
                                   class_fields="linha", sum_fields="", xy_tolerance="-1 Unknown", out_units="UNKNOWN")
```

3.2. Exportar a tabela P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Linhas_Diretas_Onibus_UnB.dbf em formato .xls

```
arcpy.TableToExcel_conversion(Input_Table="P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Linhas_Diretas_Onibus_UnB.dbf",  
                              Output_Excel_File="P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Linhas_Diretas_Onibus_UnB.xls",  
                              Use_field_alias_as_column_header="NAME", Use_domain_and_subtype_description="CODE")
```

3. Realizar as comparacoes de area urbana e influencia do Transporte Publico

3.1. Comparar o Buffer da area urbana corrigida e o Buffer da uniao do metro e das linhas de onibus para Rodoviaria

```
arcpy.TabulateIntersection_analysis(in_zone_features="Area_Urbana_RAs_Corrigida", zone_fields="RA_NOME",  
                                   in_class_features="Buffer_STP_Metro_Linhas_Onibus_Rodoviaria",  
                                   out_table="P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Metro_Linhas_Onibus_Rodoviaria.dbf",  
                                   class_fields="linha", sum_fields="", xy_tolerance="-1 Unknown", out_units="UNKNOWN")
```

3.2. Exportar a tabela P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Metro_Linhas_Onibus_Rodoviaria.dbf em formato .xls

```
arcpy.TableToExcel_conversion(Input_Table="P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Metro_Linhas_Onibus_Rodoviaria.dbf",  
                              Output_Excel_File="P_Area_Urbana_Coberta_pelo_STP_Metro_Linhas_Onibus_Rodoviaria.xls",  
                              Use_field_alias_as_column_header="NAME", Use_domain_and_subtype_description="CODE")
```

