



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL

GABRIELA MACHADO BARROSO

LORRANY PEREIRA MARQUES

**ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE AO TRANSPORTE PÚBLICO.
ESTUDO DE CASO: TUCURUÍ-PA**

Tucuruí – PA
2016

GABRIELA MACHADO BARROSO
LORRANY PEREIRA MARQUES

**ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE AO TRANSPORTE PÚBLICO.
ESTUDO DE CASO: TUCURUÍ-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Civil, na Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof^o M. Sc. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar

GABRIELA MACHADO BARROSO

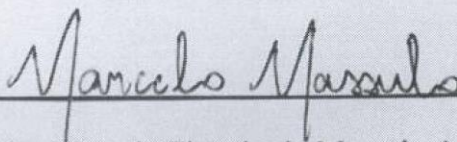
LORRANY PEREIRA MARQUES

ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE AO TRANSPORTE PÚBLICO.
ESTUDO DE CASO: TUCURUÍ-PA

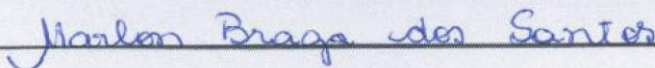
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Civil, na Faculdade de Engenharia Civil da
Universidade Federal do Pará.

Tucuruí, 21 de dezembro de 2016

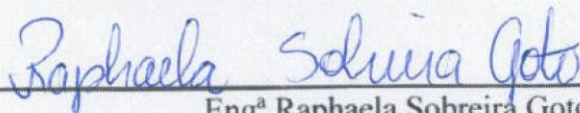
Aprovado por:



Prof^o M. Sc. Marcelo Figueiredo Massulo Aguiar
(Orientador)



Prof^o Marlon Braga dos Santos
(Examinador interno)



Eng^a Raphaella Sobreira Goto
(Examinador externo)

AGRADECIMENTOS

Lorrany Pereira Marques:

Agradeço primeiramente a Deus por todas as conquistas que me foram concedidas até aqui, por ter me oferecido força e garra na realização desse trabalho.

Agradeço aos meus pais Tânia Pereira e Josivan Marques por todo apoio, carinho, amor, dedicação e paciência e pelos investimentos depositados nos meus sonhos e planos. As minhas irmãs, Larissa, Stefanny e Emilly, por me fazerem a maninha mais amada do mundo. Agradeço imensamente a Deus por fazer parte da vida de vocês.

Ao professor e orientador Massulo pela excelente orientação que nos foi dada. Agradeço por todas as críticas construtivas, sugestões e incentivos que só vieram a acrescentar nesse trabalho, pela compreensão, disponibilidade e paciência meu muito obrigado. Foi uma imensa honra tê-lo como orientador.

À minha parceira Gabriela, por encarar esse desafio junto comigo, pela dedicação, paciência e força de vontade, fatores esses, essenciais para o desenvolvimento desse trabalho. Agradeço pelos conhecimentos compartilhados e pela confiança nas diversas etapas de construção dessa monografia.

Aos professores do campus Tucuruí, obrigada a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para minha formação profissional. Em especial ao meu querido professor Aarão por ser esse grande profissional admirado por boa parte de seus alunos, meu muito obrigado, por cada aula, cada ensinamento e acima de tudo obrigada por ter escolhido essa profissão que sem dúvida foi instruída por Deus.

Ao meu companheiro de casa João Pedro pela a grande amizade que me foi dada ao longo desses 5 anos, pela paciência, carinho, brincadeiras e compreensão, obrigada por ter sido mais que um amigo, por ter sido um irmão o qual quero levar durante toda a vida. Ao meu segundo companheiro de casa Ezio Pires pelos anos de convivência, pela amizade, companheirismo e risadas proporcionadas.

Aos meus amigos e parceiros de sala, Diego, Gabriel, Glenda, Jedson, Leonardo, Leticia, Mateus, Micheli, Patricia, Patrick, Renan, Romario, Tiago e Vanessa, por cada risada, cada momento compartilhado, levarei comigo na minha caixinha de boas lembranças. Agradeço a Deus pela vida de vocês e por ter dito o prazer de conhecê-los.

Aos demais amigos, Jonatha, Daniela e Marlon que não fazem parte da turma de civil 2012, mas que foram especiais durante a graduação os quais tenho um enorme carinho.

A equipe da empresa Eletronorte, Tiago, Mardenizio, Moacir, Tenório e Edemilton, pelo os ensinamentos passados durante meu período de estagio, sem dúvida foram de grande importância para minha vida profissional. A Thais Valadares pela convivência e troca de conhecimentos nos 5 meses de convivência na empresa. Muito muito obrigada.

Aos demais familiares e amigos que me apoiaram e incentivaram na realização desse trabalho.

A todos, os meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

Os meios de transporte coletivo são componentes importantes para o desenvolvimento das sociedades. A falta de planejamento urbano das cidades brasileiras gera inúmeros problemas no que tange a qualidade do serviço de transporte. Diante dessa problemática, apresenta-se nessa pesquisa um método para avaliar a acessibilidade do sistema de Transporte Público Urbano (TPU), com estudo de caso em Tucuruí-PA, de modo à auxiliar na tomada de decisões em relação ao planejamento urbano e, subsidiar posteriores melhorias no serviço ofertado. Para a realização desse método foi necessário utilizar a base de dados dos setores censitários do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (densidade demográfica), o aplicativo para celular *OruxMaps* que permitiu o registro do itinerário das linhas de ônibus, além do mapa da cidade. A partir destes dados foram geradas as áreas de abrangências das linhas de ônibus correspondentes a 300 e 500 metros (boa e regular acessibilidade, respectivamente). Posteriormente, foram sobrepostos os mapas de área de abrangência das linhas com o mapa de densidade populacional da cidade no *software* Autodesk® AutoCAD® 2016. Os principais resultados foram: (i) na análise da acessibilidade espacial, verificou-se que a linha Alojamento/Conquista é a que cobre mais áreas, e a linha Rapidinho a que cobre menos; (ii) na análise de acessibilidade em relação à densidade populacional, as zonas mais densamente povoadas apresentam boa acessibilidade ao TPU, sendo que as zonas de densidade muito elevada e elevada apresentaram 92 e 94% de suas áreas com boa acessibilidade, respectivamente. Para melhorar a acessibilidade das zonas mal atendidas por TPU propõe-se a extensão das linhas Breu Branco, Alojamento/Km4 e Alojamento/Conquista para atendimento às áreas onde hoje não há acessibilidade, além da criação de uma nova linha interbairros a fim de atender os novos bairros do município. Por fim, conclui-se que o método é efetivo para a avaliação de acessibilidade ao TPU de áreas urbanas.

Palavra chave: transporte público urbano, acessibilidade, AutoCAD.

ABSTRACT

Mass transit system is an important component for the development of societies. Lack of urban planning in Brazilian cities causes many issues related to the quality of transportation services. In view of this problem, a method for assessing the accessibility of the Urban Public Transportation System (TPU), with a study case in Tucuruí-PA, is presented in this research, in order to assist in decision-making in relation to urban planning and later improvements in the service offered. In order to carry out this method, it was necessary to use the database of Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) census tracts (population density), the OruxMaps mobile application that allowed the registration of the bus route and the city map. From these data were generated the areas of coverage of bus lines corresponding to 300 and 500 meters (good and regular accessibility, respectively). Subsequently, the area map of the lines with the population density map of the city was superimposed on Autodesk® AutoCAD® 2016 software. The main results were: (i) From the space accessibility analysis, it was verified that the Alojamento/Conquista line is the one that covers more areas, and the Rapidinho line that covers less; (ii) in the analysis of accessibility in relation to population density, the most densely populated areas have good accessibility to the TPU, and the very high and high density areas presented 92% and 94% of their areas with good accessibility, respectively. In order to improve the accessibility of areas that are not properly serviced by TPU, it is proposed to extend the Breu Branco line, Alojamento/Km4 and Alojamento/Conquista lines to serve the areas where there is no accessibility currently, as well as the creation of a new line to attend new districts of the city. Finally, it is concluded that the method is effective for the evaluation of accessibility to the TPU of urban areas.

Key-Words: mass transit system, accessibility, AutoCAD.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Impacto do transporte urbano sobre a pobreza.	3
Figura 2 - Localização das manchas urbanas de Tucuruí – PA.	12
Figura 3 - Modelo de ficha utilizado em pesquisa Origem-Destino (O-D).	14
Figura 4 - Relação entre espaçamento, frequência e distância de caminhada.	17
Figura 5 - Localização de Tucuruí – PA.	21
Figura 6 - Mapa de localização de Tucuruí.	22
Figura 7 - Mapas das linhas: a) Breu Branco b) Alojamento/conquista c) Vila/cidade d) Alojamento/ km04 e) Rapidinho.	22
Figura 8 - Mapa da união de todas as linhas.	23
Figura 9 - Etapas de desenvolvimento do método proposto.	26
Figura 10 - Setores censitários no município de Tucuruí.	27
Figura 11 - Layout QGIS.	28
Figura 12 - Perímetro urbano de Tucuruí.	30
Figura 13 - Setores censitários sobrepostos ao mapa de Tucuruí.	31
Figura 14 - Áreas de abrangências das linhas: a) Rapidinho b) Vila/Cidade c) Alojamento/Conquista d) Alojamento/ Km04 e) Breu Branco.	32
Figura 15 - Porcentagens dos parâmetros de acessibilidade de cada linha de ônibus.	33
Figura 16 - Área de abrangência de todas as linhas juntas com a faixa de 300 metros.	34
Figura 17 - Áreas de abrangência de todas as linhas juntas com as faixas de 300 e 500 metros.	35
Figura 18 - Porcentagens dos parâmetros de acessibilidade de todas as linhas juntas.	35
Figura 19 - Relação dos mapas de densidade demográfica com as áreas de abrangência da linhas: a) Rapidinho b) Vila/Cidade c) Alojamento/conquista d) Alojamento/ Km04 e) Breu Branco.	37
Figura 20 - Sobreposição de áreas de abrangência de todas as linhas e setores censitários. ...	40

Figura 21. Áreas a serem atendidas pelo TPU de Tucuruí.....	42
Figura 22 - Propostas para melhorias nos itinerários: a)Alojamento/Km4; b)Alojamento/Conquista; c) Breu Branco; d) Nova linha.....	44
Figura 23 - Acessibilidade espacial resultante das novas propostas.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Padrões de qualidade para o transporte público por ônibus	8
Tabela 2 - Padrão de qualidade para o transporte publico urbano.....	16
Tabela 3 - Relação entre espaçamento, frequência e distância de caminhada.	17
Tabela 4 - Classificação da acessibilidade conforme método PTAL	18
Tabela 5 - Frota e quilometragem mensal de linhas operantes em Tucuruí.....	24
Tabela 6 - Classificação de densidade demográfica.	28
Tabela 7 - Padrão de qualidade para o transporte público urbano.....	29
Tabela 8 - Porcentagem dos parâmetros de acessibilidade da linha rapidinho.	38
Tabela 9 - Porcentagem dos parâmetros de acessibilidade da linha vila/cidade.	38
Tabela 10 - Porcentagem dos parâmetros de acessibilidade da linha Breu.....	38
Tabela 11- Porcentagem dos parâmetros de acessibilidade da linha Alojamento/km04.	38
Tabela 12 - Porcentagem dos parâmetros de acessibilidade da linha Alojamento/conquista. .	38
Tabela 13 - Porcentagem dos parâmetros de acessibilidade de todas as linhas juntas.	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- CNI – Confederação Nacional de Industrias
- EDF – Equivalent Doorstep Frequency
- GIS-T – Geographical Information Systems in Transportation
- GPS – Global Positioning System
- IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
- IBOPE – Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística
- IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
- NTU – Associação Nacional de Empresas de Transporte Urbano
- O-D – Origem e Destino
- PA- Pará
- PTALs – Public Transport Accessibilily Levels
- SIG – Sistema de Informação Geográfica
- SIG- T - Sistema de Informação Geográfica de Transporte
- TPU – Transporte Público Urbano

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	1
1.1	OBJETIVO.....	2
1.2	JUSTIFICATIVA.....	2
1.3	ESTRUTURAS DO TRABALHO.....	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	TRANSPORTES PÚBLICOS.....	5
2.2	QUALIDADE NO TRANSPORTE PÚBLICO.....	7
2.3	ACESSIBILIDADE AO TRANSPORTE PÚBLICO.....	9
2.4	ALGUNS MÉTODOS PARA ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE.....	13
2.4.1	Pesquisa de origem-destino.....	13
2.4.2	<i>Software</i> TransCAD.....	15
2.4.3	<i>Software</i> QGIS.....	16
2.4.4	Cálculo de distância de caminhada.....	16
2.5	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA.....	18
2.6	SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE TUCURUÍ.....	21
3	MÉTODO PROPOSTO	25
3.2	ETAPAS DO MÉTODO PROPOSTO.....	26
3.2.1	Seleção e análise de dados.....	26
3.2.2	Geração de mapas das linhas de ônibus.....	28
3.2.3	Cálculo da acessibilidade.....	29
3.2.4	Relação entre setores censitários e mapa da cidade de Tucuruí.....	30
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS	32
4.1	ANÁLISE DAS ÁREAS DE ABRANGÊNCIA DAS LINHAS DE ÔNIBUS.....	32
4.2	ANÁLISE DAS ÁREAS DE ABRANGÊNCIA DAS LINHAS DE ÔNIBUS E A RELAÇÃO EXISTENTE COM A DESINDADE DEMOGRÁFICA POR ZONA DE TRÁFEGO.....	36
4.3	SUGESTÕES PARA INCREMENTAR A ACESSIBILIDADE AO TPU DE TUCURUÍ.....	42
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	46
5.1	CONCLUSÕES.....	46
5.2	SUGESTÕES PARA PESQUISAS VINDOURAS.....	47
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O transporte público urbano (TPU) por ônibus é um serviço primordial para a garantia da qualidade de vida nas cidades, pois promove a integração entre diferentes centros urbanos, além de exercer um importante papel social e econômico, uma vez que torna democrática a mobilidade, facilitando a locomoção das pessoas que não possuem automóveis ou não podem/querem dirigir (FERRAZ; TORRES, 2004).

Este tipo de transporte é imprescindível para a redução de congestionamentos, índices de poluição, além de minimizar a construção de vias e estacionamentos. Um sistema de transporte coletivo devidamente planejado, promove a otimização do uso dos recursos públicos, liberando recursos para investimentos em setores de maior relevância social e um uso mais racional da ocupação humana no solo urbano.

Várias são as tecnologias utilizadas nos diferentes modos de transporte coletivo de passageiros, com características diversificadas, as quais têm por objetivo atender faixas de demandas específicas com maior eficiência. Dentre os principais modos temos: ônibus, bonde e metrô. O ônibus atualmente é o principal modo de transporte público das cidades brasileiras devido sua flexibilidade, custo de aquisição e investimentos para sua operação.

Há diversos motivos que levam a população ao uso do transporte público, tais como: trabalho, estudo, compras, saúde, lazer, dentre outras atividades relacionadas às necessidades individuais, que variam de acordo com a finalidade de deslocamento de cada um.

Conhecida a relevância do transporte público urbano torna-se, imprescindível o estabelecimento de um nível de oferta que atenda a maioria dos usuários do sistema, constituído em sua maioria por pessoas de baixa renda, garantindo, assim, o padrão de qualidade estabelecido na literatura técnica.

Problemas relacionados ao transporte público urbano se tornam cada dia mais comuns, uma vez que são intensificados pelo aumento populacional e pelo crescimento desordenado das cidades. Desta forma, a população acaba morando ainda mais longe dos locais nos quais exercem suas atividades diárias. Diante deste cenário, nem sempre a infraestrutura das cidades e seu sistema de transporte coletivo acompanham tal crescimento.

No Brasil, muitas cidades apresentam serviço de transporte público de péssima qualidade e a acessibilidade pode vir a ser um dos fatores responsáveis por esse cenário. Desta maneira, entende-se que a acessibilidade ao transporte coletivo urbano é uma característica de

extrema importância, visto que, mede a facilidade do usuário ao acesso do serviço prestado. A falta de acessibilidade afeta diretamente o planejamento urbano da cidade.

Assim, a proposta para a realização deste trabalho teve como motivação principal propor a utilização de um método de avaliação da acessibilidade, que sirva de auxílio para futuras tomadas de decisões, bem como para um planejamento eficiente do transporte público. Tal método poderá contribuir para melhorias no sistema de transporte público por ônibus da cidade de Tucuruí- PA.

1.1 OBJETIVO

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um método com a finalidade de avaliar a acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus na cidade de Tucuruí-PA. Para se atingir o objetivo principal serão processadas as etapas listadas abaixo, as quais se constituem como objetivos específicos:

- Traçar um mapa das linhas de TPU que operam em Tucuruí-PA;
- Identificar as áreas de abrangência de cada linha de ônibus e da superposição de todas as linhas e verificar, em função da distância de caminhada até os pontos de ônibus, as condições de acessibilidade;
- Relacionar as condições de acessibilidade dos bairros com sua densidade populacional;

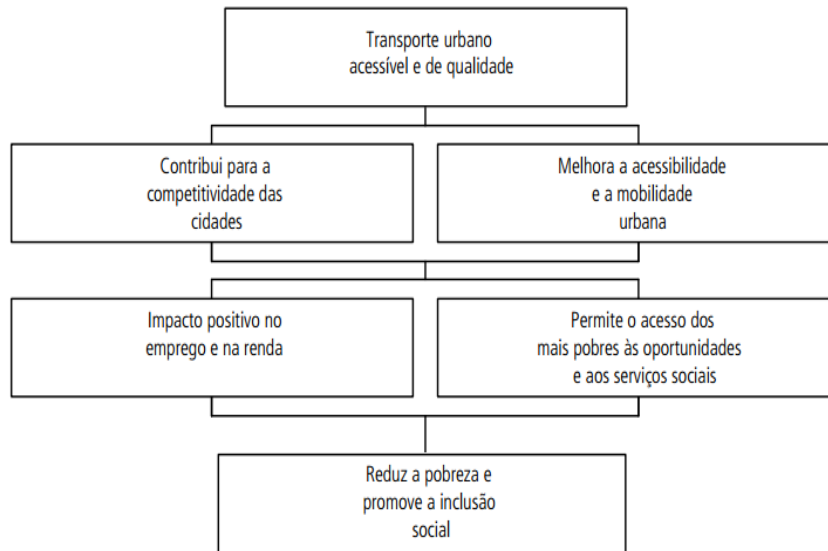
1.2 JUSTIFICATIVA

De acordo com Balbim *et al* (2013), o entendimento do transporte como direito social, torna necessário o estabelecimento de políticas públicas que assegurem esse direito, criando mecanismos que garantam não só a existência do serviço, como também o acesso universal a todos os cidadãos.

Segundo Gomide (2003), os impactos do transporte público urbano sobre a pobreza são compreendidos de duas formas, indireta e direta. Os impactos indiretos estão relacionados a externalidade do transporte público urbano sobre a competitividade das cidades e seus efeitos sobre as atividades econômicas. Os impactos diretos referem-se ao acesso aos serviços e às atividades sociais básicas e oportunidades de trabalho dos mais pobres, em que a inexistência

ou precariedade na oferta do serviço podem, por exemplo, restringir as oportunidades de trabalho dos mais pobres, condicionar as escolhas do local de moradia, bem como dificultar o acesso aos serviços de educação, saúde e lazer. A Figura 1 ilustra os impactos do transporte urbano sobre a pobreza.

Figura 1- Impacto do transporte urbano sobre a pobreza.



Fonte: GOMIDE, 2003.

Para os usuários a acessibilidade é um dos principais indicadores para avaliação da qualidade do serviço de transporte público por ônibus (PILON; XAVIER, 2006). Nesse contexto é importante propor medidas que melhorem o sistema, adequando-o às necessidades dos usuários, tentando diminuir o tempo de viagens, os congestionamentos e a emissão de poluentes, bem como aumentar as oportunidades e disponibilidade para que as pessoas desenvolvam suas atividades de maneira rápida e cômoda (PIANUCCI, 2011).

As análises de avaliação da qualidade do serviço de transporte público com ênfase no indicador de acessibilidade ainda são pouco exploradas. Portanto, a realização desse estudo, se justifica por desenvolver um método para avaliar a acessibilidade (distância de caminhada), podendo contribuir para melhorias ao sistema público de transporte por ônibus na cidade de Tucuruí e demais cidades do país.

1.3 ESTRUTURAS DO TRABALHO

Esse trabalho desenvolve-se ao longo de 5 capítulos. A introdução aborda as considerações iniciais do trabalho. O capítulo 2 apresenta o método desenvolvido para avaliação da acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus aplicada à cidade de Tucuruí, constituído de 5 etapas: seleção e análise de dados, geração de mapas das linhas de ônibus, cálculo da acessibilidade, relação entre setores censitários e mapa da cidade de Tucuruí. No quarto capítulo estão os resultados encontrados descritos em 3 tópicos: análise das áreas de abrangência das linhas de ônibus, análise das áreas de abrangência das linhas de ônibus e a relação existente com a densidade demográfica por zona de tráfego, e sugestões para incrementar a acessibilidade ao TPU de Tucuruí. As conclusões e as recomendações para trabalhos futuros encontram-se no capítulo 5.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 TRANSPORTES PÚBLICOS

Entre os modos de transporte, tem-se o transporte individual e o transporte coletivo, também denominado Transporte Público Urbano (TPU). O transporte individual é composto por veículos conduzidos pelos próprios usuários os quais determinam rota e horário de partida, realizando o transporte porta a porta. Logo, são modos de transporte privado ou individual os modos a pé, bicicleta, motocicleta, carros, montado em animal e veículos com tração animal (FERRAZ; TORRES, 2004).

Do outro lado, o TPU é o meio de transporte usado para deslocamento de várias pessoas simultaneamente, onde o veículo é de propriedade de terceiros ou de uma empresa responsável por operar esse serviço. São características do TPU o baixo custo unitário, horários e itinerários fixos e a não realização de transporte porta-a-porta. Compreende-se, então, por TPU, o transporte coletivo de passageiros configurado como serviço público de competência dos municípios.

Ônibus, metrô, pré-metrô, bonde e trem suburbano são os modos mais comuns de TPU. Eles variam conforme o tamanho da cidade a qual são ofertados, pois quanto maior a demanda, maior deve ser a capacidade dos veículos (FERRAZ; TORRES, 2004).

Para cidades de pequeno porte, os modos de transporte individuais (a pé, bicicleta, motos, automóveis, etc.) ou semi-públicos (táxis, moto-táxis), de um modo geral, são suficientes, porém cidades de médio porte já requerem a implantação de sistema de transporte público por ônibus. Cidades maiores, conseqüentemente, requerem transporte público de maior capacidade, como ônibus biarticulados, metrô, etc.

Há dois órgãos importantes para a organização desse sistema, são eles os responsáveis por suprir a necessidade do atendimento à população: Poder Público e empresas privadas. Cabe ao Poder Público a gestão e planejamento do sistema. A operação poderia ser também diretamente executada por empresas públicas, contudo, a experiência indica maior eficiência de empresas privadas para operação do serviço, logo, o Poder Público atua na contratação de empresas por meio de concessões ou permissões que estabelecem uma licitação, que se trata de um contrato firmado entre as duas partes – empresa operadora e Poder Público – e fixa as responsabilidades de cada uma (FERRAZ; TORRES, 2004).

O Poder Público é representado pelas diretorias e secretarias municipais de transporte, e é sua atribuição investir em infraestrutura de apoio do sistema, construir vias e terminais, organizar linhas e horários, instalar e manter pontos de parada, definir tarifas, e fiscalizar as empresas que operam o sistema. O TPU é configurado como serviço público ou de utilidade pública de competência do município (COSTA; GARCIA, 2014).

Como responsável pelo planejamento e gestão do TPU, é de alçada do Poder Público a determinação das obrigações legais e regulamentar referentes aos serviços prestados pelo transporte de passageiros. Do outro lado, é de responsabilidade das empresas operadoras manter os veículos bem conservados, contratar e capacitar operadores, respeitar as leis de segurança, e cumprir as ordens determinadas pela prefeitura (NTU, 2014).

Segundo Ferraz e Torres (2004), o transporte público urbano proporciona um modo de locomoção mais acessível à população de baixa renda, oferecendo ainda segurança e comodidade, contribuindo para a democratização da mobilidade tanto para essa parcela da população que não tem condições econômicas de arcar com um transporte particular quanto para aqueles que não podem dirigir, por condições físicas ou legais, ou ainda aqueles que simplesmente não querem conduzir veículos.

Uma pesquisa realizada pela Confederação Nacional de Indústrias (CNI) e o Instituto Brasileiro de Opinião Pública e Estatística (IBOPE) em 2011 apontou que 61% dos brasileiros utilizam o transporte coletivo (ônibus, micro-ônibus, van, metrô, trem, bonde e barca), mas apenas 42% o tem como seu principal meio de locomoção de casa para a escola ou local de trabalho. O ônibus é o meio de locomoção mais utilizado (34%), seguido da caminhada (24%), e automóvel particular (16%). Dentre os usuários de ônibus, 24% consideram esse meio de locomoção ruim ou péssimo.

Grande parte dos clientes e trabalhadores do comércio, indústria e outros setores se deslocam utilizando o TPU, confirmando o quão imprescindível é o transporte público urbano para a vitalidade econômica (FERRAZ; TORRES, 2004), configurando-se ainda como um modo sustentável de locomoção.

O transporte coletivo é de fundamental importância nas cidades. Primeiramente, é um modo de locomoção de baixo custo, acessível à população de baixa renda e que oferece também segurança e comodidade. Além disso, este modo representa uma alternativa em substituição aos automóveis, pois não só colabora para a redução da poluição, mas também de muitos efeitos negativos gerados pelo uso exacerbado desses veículos particulares, como congestionamentos, consumo desordenado de energia, dentre outros (AZEVEDO FILHO, 2012).

2.2 QUALIDADE NO TRANSPORTE PÚBLICO

O recebimento de um serviço adequado ao pleno atendimento dos usuários é garantido pela legislação brasileira, em seu art. 6º da Lei 8.987/95 (BRASIL, 1995). Define-se como serviço adequado àquele capaz de satisfazer as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade das tarifas.

A qualidade de um serviço é um componente de difícil compreensão, uma vez que seu conceito e suas definições variam muito. Apesar de sua complexidade, no que tange o setor de transportes inúmeras são as pesquisas relacionadas ao tema. Seus vários significados variam em função da condição social e econômica das pessoas, da idade, do sexo, etc. Do ponto de vista técnico, a qualidade pode ser compreendida como a habilidade de satisfazer necessidades implícitas ou declaradas (PORTUGAL; CARDOSO, 2010).

Segundo Junior (2004), o monitoramento da satisfação da expectativa do cliente e das percepções perante a qualidade dos serviços ajuda a empresa a alcançar a excelência. Afirma ainda que um cliente satisfeito é aquele cujas expectativas foram alcançadas, e, para que as mesmas sejam preenchidas, é necessário ter conhecimento de quais são essas expectativas, onde, porque e como elas mudam ao longo do tempo.

O estabelecimento de indicadores pode ser utilizado para avaliação da qualidade de um serviço. É necessário que os indicadores de produtividade e qualidade sejam de formulação simples e de fácil compreensão para todos os empregados envolvidos no processo de produção (RODRIGUES, 2006).

Segundo Ferraz e Torres (2004), a qualidade no transporte coletivo das cidades deve conter uma visão geral, contemplando a satisfação de todos os que estejam compreendidos no sistema, usuário, governo, comunidade, empregados e empresários do setor. O autor define doze principais fatores que influenciam na qualidade do transporte público urbano são eles:

- i. Acessibilidade: facilidade de acesso ao local de embarque e de saída do local de desembarque até alcançar o destino final da viagem. Está associada ao conforto nos percursos à pé;
- ii. Frequência de atendimento: é entendido como intervalo de tempo entre a passagem de veículos da mesma linha e tempo de espera nos locais de parada;

- iii. Tempo de viagem: está relacionado ao tempo gasto dentro do veículo e depende da velocidade média de transportes e da distância percorrida entre os locais de embarques e desembarque;
- iv. Lotação: quantidade de usuários dentro dos veículos;
- v. Confiabilidade: garantia de horários regulares bem como que a viagem será realizada;
- vi. Segurança: acidentes e violência ocorridos nos veículos e nos pontos de paradas.
- vii. Características dos veículos: Tecnologia oferecida e estado de conservação dos veículos;
- viii. Características dos locais de parada: sinalização apropriada, cobertura e assentos.
- ix. Sistema de informação: Informações disponíveis sobre horários e itinerários das linhas nos pontos de paradas e no interior dos veículos;
- x. Conectividade: Facilidade de deslocamento dos usuários entre locais distintos da cidade;
- xi. Comportamento dos operadores: Comportamento do motorista, habilidade e cuidado na condução dos veículos e tratamento adequado aos passageiros;
- xii. Estado das vias: qualidade da superfície de rolamento, sinalização correta garantido segurança e conforto aos usuários.

Os padrões de qualidade do serviço de transporte público por ônibus, do ponto de vista do usuário, como um serviço de qualidade boa, regular e ruim (FERRAZ; TORRES, 2004) é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Padrões de qualidade para o transporte público por ônibus

Fatores	Parâmetros de avaliação	Bom	Regular	Ruim
Acessibilidade	Distância de caminhada no início e fim da viagem (m)	<300	300-500	>500
Frequência de atendimento	Intervalo entre atendimento (min)	<15	15-30	>30
Tempo de viagem	Relação entre o tempo de viagem por ônibus e por carro	<1,5	1,5-2,5	>2,5
Lotação	Taxa de passageiros em pé (pass/m ²)	<2,5	2,5-5,0	>5,0

Confiabilidade	Adiantamento maior que 3 min. Ou atraso acima de 5 min (%)	<1,0	1,5-3,0	>3,0
Segurança	Índices de acidentes (acid/100 mil km)	<1,0	1,0-2,0	>2,30
Características dos ônibus	Idade e estado de conservação	Menos de 5 anos	Entre 5 e 10 anos	Outras situações
	Número de portas e largura do corredor	3 portas e corredor largo	2 portas e corredor largo	Outras situações
	Altura dos degraus	Pequena	Deixa a desejar	Grande
	Aparência	Satisfatória	Deixa a desejar	Insatisfatória
Características dos locais de paradas	Sinalização	Em todos	Falta em alguns	Falta em muitos
	Cobertura	Na maioria	Falta em muitos	Em poucos
	Bancos	Na maioria	Falta em muitos	Em poucos
	Aparência	Satisfatória	Deixa a desejar	Insatisfatória
Sistema de informação	Folhetos	Sim	Sim, porém precários.	Não existem
	Pontos de parada	Sim	Sim, porém precários.	Não existem
	Telefone	Sim	Sim, porém precários.	Não existem
Conectividade	Transbordo (%)	<15	15-30	>30
	Integração física	Sim	Sim, porém precários.	Não existem
	Integração tarifária	Sim	Não	Não
	Tempo de espera no transbordo (min)	<15	10-30	>30
Comportamento dos operadores	Dirigir: habilidade e cuidado	Satisfatória	Deixa a desejar	Insatisfatória
	Respeito	Satisfatória	Deixa a desejar	Insatisfatória
Estados das vias	Vias pavimentadas e sinalizadas	Satisfatória	Deixa a desejar	Insatisfatória

Fonte: Adaptado de Ferraz e Torres (2004).

2.3 ACESSIBILIDADE AO TRANSPORTE PÚBLICO

As viagens realizadas no TPU reúnem algumas etapas, que vão desde o percurso a pé aos pontos de embarque até o destino final do usuário. Para que todas essas ações sejam realizadas de forma segura e cômoda se faz necessário que alguns fatores caracterizadores da qualidade sejam atendidos, entre eles a acessibilidade (FERRAZ; TORRES, 2004).

O termo acessibilidade ainda é alvo de inúmeras discussões, uma vez que seu significado engloba inúmeras variáveis. Entretanto a acessibilidade pode ser entendida como a

facilidade no que diz respeito à distância, tempo e custo, que os usuários possuem em alcançar os destinos desejados garantindo a eficiência de conexão das diversas localidades. Segundo AGUIAR (1985)* *apud* RODRIGUES (2006), um item que influencia a acessibilidade do sistema de transporte público é a quantidade de estações ou pontos de embarques, pois quanto maior for esse número mais fácil será o acesso ao TPU.

Segundo Ferraz e Torres (2004), no caso de o acesso ao sistema ser realizado a pé, deve ser levado em consideração à distância percorrida, ao começar e terminar a viagem por transporte público, além da comodidade oferecida aos usuários ao longo de todo percurso, influenciada pelos seguintes fatores: condições das calçadas, declividade do percurso, facilidade para cruzar as ruas existentes no trajeto, existência de iluminação pública e segurança pessoal no trajeto, dentre outros.

Existem dois parâmetros que podem ser usados para a avaliação da qualidade da acessibilidade. Um é objetivo e mensurável: a distância de caminhada do local de origem da viagem até o local de embarque e do local de desembarque até o destino final, declividade das vias, condições das calçadas, facilidade para cruzar as ruas existentes no trajeto e existência de iluminação pública. O outro é subjetivo: a caracterização da comodidade nos percursos a pé e segurança pessoal no trajeto, que envolve atributos relativos de cada usuário como: condição social e econômica das pessoas, idade, sexo, dentre outros (FERRAZ; TORRES, 2004).

Realizar bem um produto ou serviço é realizá-lo com qualidade e produtividade. Entretanto, na maioria das vezes garantir a harmonia entre tais fatores é uma tarefa difícil. Por um lado, os indicadores de qualidade medem a capacidade de atender às expectativas dos clientes, por outro lado a produtividade se encarrega da melhor utilização dos recursos disponíveis. No TPU, um dos principais conflitos é entre a acessibilidade (maior qualidade, com menores distâncias de caminhadas dos usuários) e o menor percurso das linhas (maior produtividade, com menor quilometragem percorrida e, por consequência, menor consumo de insumos).

Rodrigues (2006) afirma, que o ideal seria, adotar uma estratégia operacional que possibilite a máxima eficiência da prestação dos serviços, tendo em conta um determinado padrão de qualidade esperado pelo usuário. Nesse contexto o transporte público ideal seria

* AGUIAR, E. M. (1985). **Análise crítica dos indicadores de eficiência e eficácia propostos para avaliação de sistema de transporte público urbano**. São Carlos. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo.

aquele que permitisse o maior conforto ao usuário com um menor tempo de espera, a um preço acessível. Porém, deve-se considerar que um serviço de melhor qualidade implica, quase sempre, em tarifas mais elevadas.

Apesar da complexidade do problema, é preciso definir padrões de qualidade para efeito de planejamento de sistemas de transporte público, que permita a produtividade do mesmo, garantindo o equilíbrio financeiro e viabilidade do sistema. Um dos principais fatores responsáveis pela intensificação desse dilema é o crescimento não adensado da população, gerando assim a expansão da mancha urbana que é, sem dúvidas, um dos principais desafios da acessibilidade ao sistema.

A forma excludente como as cidades crescem, com a ocupação das áreas mais periféricas pelos mais pobres, provoca o aumento do custo do transporte à medida que as fronteiras urbanas se expandem em função das maiores distâncias percorridas (IPEA, 2011).

O crescimento acelerado da industrialização e urbanização do Brasil nos últimos anos deixou como herança inúmeros problemas sociais, econômicos e ambientais, o país passou, em meados do século 20, por uma das mais rápidas transições urbanas na história mundial. Esta transição transformou um país com características agrícolas em um país urbano e metropolitano em que boa parte da população mudou-se para as cidades. Concomitantemente, o estado foi incapaz de disciplinar tal acontecimento (IPEA, 2016). Em virtude disso, uma boa parcela do sítio urbano da maioria das cidades brasileiras acabou por ser formado sem observar princípios básicos de planejamento urbano, com impacto direto sobre a cidade como um todo e sobre o sistema viário em particular.

Atualmente cerca de 85% da população brasileira vive em centros urbanos, sendo que existem 36 cidades com mais de 500 mil habitantes no país, além de quarenta regiões metropolitanas, nas quais vivem mais de 80 milhões de brasileiros (cerca de 45% da população) (IPEA, 2016).

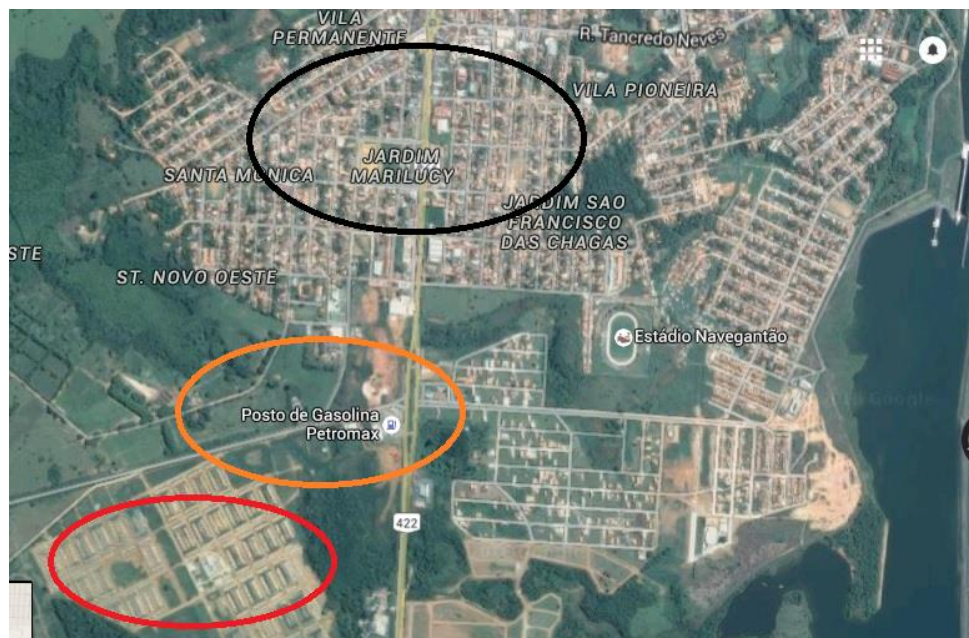
Grande parte dessa massa populacional encontra dificuldades para fixar residência no espaço das grandes cidades brasileiras. O valor dos imóveis e terrenos em áreas urbanizadas aumenta consideravelmente e são sobrevalorizados a todo o momento, forçando as populações menos favorecidas a buscar por moradias em zonas mais afastadas dos grandes centros, além de favelas, invasões e ocupações irregulares dos mais variados tipos.

Com o crescimento das cidades, os deslocamentos urbanos passaram a exercer forte influência sobre a qualidade de vida das pessoas, com um tempo cada vez maior sendo dedicado a estes deslocamentos. Dentre os vários problemas decorrentes da urbanização rápida e sem

planejamento, merecem atenção os problemas relacionados ao transporte. Estes problemas podem levar à dificuldade de exercício de um direito básico do cidadão, o direito de ir e vir. No que tange à acessibilidade do serviço de transporte público urbano, o crescimento da mancha urbana gera desafios constantes e cada vez mais difíceis de serem solucionados, necessitando assim uma atenção especial ao problema para que o serviço seja oferecido dentro dos padrões de qualidade ao usuário (SOUZA; LEITE, 2012).

Na cidade de Tucuruí-PA, as periferias dos aglomerados urbanos já estão estabelecidas, e há a necessidade de atendimento dentro dos padrões aceitáveis do deslocamento dessas pessoas, principalmente no deslocamento casa-trabalho. A Figura 2 mostra a mancha urbana da cidade de Tucuruí. O círculo de cor vermelha representa uma das zonas segregadas da cidade, o loteamento Cristo Vive. Este loteamento por situar-se afastado do centro da cidade (círculo preto), acaba gerando um buraco na mancha urbana do município (círculo laranja), que por sua vez, acaba influenciando diretamente na produtividade do TPU, visto que, a empresa prestadora do serviço terá que fazer a expansão de sua linha para que aquela localidade seja atendida.

Figura 2 - Localização das manchas urbanas de Tucuruí – PA.



Fonte: Adaptado GOOGLE EARTH, 2016.

Não é fácil resolver problemas do sistema de transporte público quanto à acessibilidade, pois existem divergências nas necessidades individuais além, de dificuldade em

aceitar o que é fora do padrão pré- estabelecido. Portanto, é importante que o sistema opere dentro do conceito de uma rede integrada, para que todos possam ter condições de acesso a qualquer ponto da cidade (IPEA, 2016).

Neste estudo, a acessibilidade será a medida de avaliação da qualidade do serviço de transporte em relação ao acesso ao sistema com base na distância de caminhada da residência do usuário de ônibus até o ponto de parada mais próximo. Essa distância será avaliada de acordo com os padrões estabelecidos por Ferraz e Torres (2004).

2.4 ALGUNS MÉTODOS PARA ANÁLISE DA ACESSIBILIDADE

A acessibilidade é um fator de grande relevância ponderado pelos usuários para análise da qualidade do transporte público. A distância de caminhada até o acesso ao sistema de transporte público interfere na avaliação do sistema.

Diversos estudos já realizados utilizaram de diferentes recursos (mapas, *softwares* e cálculos) para avaliar a acessibilidade quanto ao critério objetivo distância de caminhada. Os padrões estabelecidos por Ferraz e Torres (2004) são guias para avaliação da acessibilidade. O que varia entre estudos passados são, basicamente, o método de pesquisa preliminar adotado e *software* utilizado.

No presente trabalho serão abordados os seguintes instrumentos para avaliação da acessibilidade ao sistema: Pesquisa de origem-destino, *software* TransCAD, *software* QGIS e cálculo de distância de caminhada.

2.4.1 Pesquisa de origem-destino

As pesquisas de origem-destino são realizadas com a finalidade de caracterizar as viagens dentro do espaço urbano. Primeiramente, Ferraz e Torres (2004) sugerem que a cidade seja dividida em zonas seguindo a mesma divisão empregada pelo governo no planejamento urbano. Essa pesquisa pode ser executada de diversas maneiras. A mais simples delas é a pesquisa sobe-desce, em que um pesquisador se posiciona na porta dos coletivos portando fichas de pesquisas (ver modelo na Figura 3) que serão preenchidas por ele mesmo e entregues aos passageiros. Ao descer do coletivo os passageiros entregam a ficha ao pesquisador posicionado próximo à saída do veículo.

Figura 3 - Modelo de ficha utilizado em pesquisa Origem-Destino (O-D).

PESQUISA ORIGEM-DESTINO
ZONA/PONTO DE ORIGEM: _____
ZONA/PONTO DE DESTINO: _____
Senhor passageiro: favor devolver esta ficha ao desembarcar

Fonte: FIPAI, 1987.

Após a realização da pesquisa é possível elaborar uma matriz O-D da amostra coletada e mapas com a representação gráfica das ligações entre várias zonas (FERRAZ; TORRES, 2004). Através da composição de uma matriz de origem e destino dos habitantes é possível localizar onde estão concentradas as viagens, origens e destino, e como é feito o deslocamento (GODINHO E MIRANDA, 2014). Contudo, a pesquisa sobe e desce não retrata, efetivamente, a origem-destino das viagens realizadas e sim a ligação entre os pontos de embarque e desembarque. Os pontos de embarque e desembarque podem ser muito distantes da origem e/ou destino da viagem.

Para retratar a origem-destino dos desejos de viagens, que são mais interessantes para análise da acessibilidade, é necessária a realização de pesquisa domiciliar. Assim engloba-se a localização da origem da viagem, o modo como o usuário teve acesso ao ponto de ônibus, o ponto de desembarque, o modo que utilizará ao desembarcar, e o ponto de destino.

Para Pianucci (2011) a Pesquisa O/D, realizada na forma de pesquisa domiciliar, foi fonte de dados para a realização do estudo de análise da acessibilidade em combinação com dados censitários do IBGE, no município de São Carlos-SP. Foram utilizados os dados da Pesquisa O/D para avaliar a qualidade dos serviços através da distância mínima de caminhada, uma vez que o usuário nem sempre utiliza o ponto mais próximo de sua residência.

Coelho (2010) realizou um estudo da acessibilidade na região de Campinas-SP considerando as distâncias métricas e de tempo. Os dados da pesquisa O/D permitiram gerar centroides das regiões de tráfego, para então, gerar mapas que foram base para a análise realizada.

Algumas cidades têm a pesquisa completa de origem-destino dos desejos de viagem em seu banco de dados. Isso facilita a execução do estudo da acessibilidade, sendo, então, necessário apenas filtrar as informações relevantes para a situação, como informações da residência dos usuários, ponto de origem, e suas coordenadas.

A pesquisa O/D permite levantar dados das viagens o mais próximo possível da realidade, contudo o alto custo é uma desvantagem deste método, pois precisa ser observada uma parcela mínima em relação ao total projetado. Logo, o custo com mão-de-obra e equipamentos é consideravelmente elevado (ROCHA, 2010).

2.4.2 *Software* TransCAD

Um recurso muito utilizado para o planejamento urbano é o programa TransCAD, o qual consiste em um conjunto de ferramentas para o Planejamento de Transporte em um Sistema de Informações Geográficas. Seu ambiente SIG possibilita integrar todas as informações georreferenciadas previamente definidas para cada zona de tráfego. Para a distribuição de viagens, por exemplo, o programa conta com uma ferramenta que executa o modelo gravitacional (ROCHA, 2010).

O programa também disponibiliza uma ferramenta para o cálculo dos caminhos mínimos e outras indicações, como o cálculo da distância entre dois pontos, mapas temáticos, transformação de áreas em pontos e um banco de dados detalhado, o que faz do programa um instrumento útil para o estudo de acessibilidade ao transporte público (PIANUCCI, 2011).

A mesma autora utilizou a versão 4.8 do SIG TransCAD para o estudo da acessibilidade ao transporte público na cidade de São Carlos – SP. De posse dos dados da pesquisa O/D e do IBGE, utilizou o *software* Microsoft Excel na geração de planilhas para que os dados fossem facilmente exportados quando necessário. Além do Excel, utilizou-se o *software* AutoCAD 2010 para a localização dos pontos de ônibus. Tratados os dados, eles foram exportados para o SIG e permitiram a elaboração de mapas temáticos e ilustrativos. No TransCAD, então, foram efetuados os cálculos de distância mínima de caminhada e para análise da qualidade dessas distâncias, Pianucci (2011) considerou a classificação proposta por Ferraz e Torres (2004) (Tabela 2).

Tabela 2 - Padrão de qualidade para o transporte público urbano

Fator	Parâmetro de avaliação	Bom	Regular	Ruim
Acessibilidade	Distância de caminhada no início e no fim de viagem (m)	<300	300-500	>500

Fonte: Adaptado de FERRAZ; TORRES (2004).

2.4.3 Software QGIS

O *software* Quantum GIS possibilita a criação de mapas e é um dos instrumentos alternativos envolvidos no estudo da acessibilidade ao TPU. Ele dá subsídio para o cálculo de distâncias mínimas e permite a criação de superfícies contínuas que possibilitam a criação de mapas de cores. Trata-se de um *software* SIG livre (COELHO, 2010).

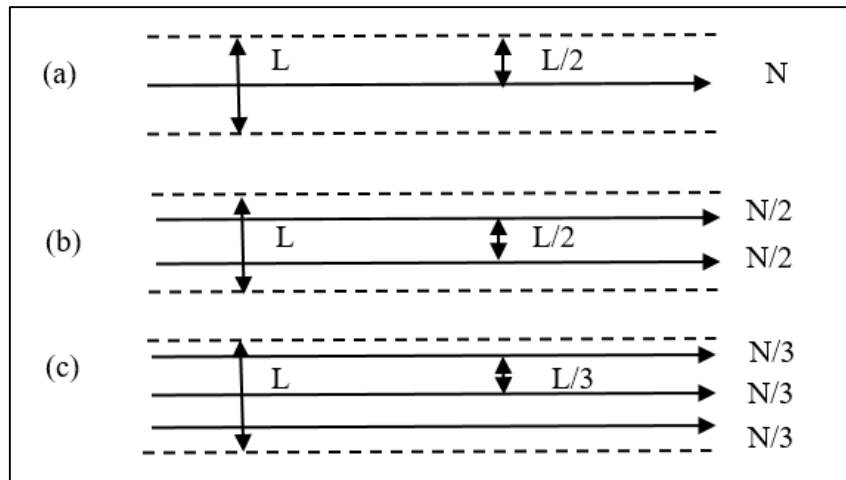
Coelho (2010) utilizou o *software* QGIS para geração de todos os mapas com o objetivo de analisar a acessibilidade do sistema de transporte público em Campinas – SP. Tendo por base os dados da pesquisa O/D, elaborou mapas temáticos através do *software* para posterior uso de outro sistema que consistia em um modelo de simulação de transporte e uso do solo. Foram, então, estimados tempos de viagem, através do cálculo do caminho mais curto entre dois pontos em um sistema de transporte coletivo.

No *software* QGIS, além de se traçar mapas, é possível usar uma ferramenta que, assim como no *software* TransCAD, mede as distâncias de caminho mais curto e/ou rápido utilizando os critérios de comprimento e tempo.

2.4.4 Cálculo de distância de caminhada

Em um sistema de transporte público existem diferentes formas de atendimento de linhas. O espaçamento entre elas é ligado a três fatores: demanda, frequência e distância de caminhada (Figura 4) (FERRAZ; TORRES, 2004).

Figura 4 - Relação entre espaçamento, frequência e distância de caminhada



Fonte: FERRAZ; TORRES, 2004.

Os valores das distâncias de caminhada máxima e média estão ligados à distância entre as linhas. É recomendável para um sistema possuir um menor número de linhas com maior frequência, porém, para estabelecer essa distribuição é necessário levar em consideração o limite máximo de caminhada dos usuários (Tabela 3).

Tabela 3 - Relação entre espaçamento, frequência e distância de caminhada.

Parâmetro	Configuração		
	A	b	c
Número de linhas	1	2	3
Distância entre linhas	L	$L/2$	$L/3$
Frequência de atendimento	N	$N/2$	$N/3$
Valor máximo da distância de caminhada	$L/2$	$L/4$	$L/6$
Valor médio da distância de caminhada	$L/4$	$L/8$	$L/12$

Fonte: FERRAZ; TORRES, 2004.

Uma outra forma de medir a acessibilidade é o método PTALs (Public Transport Accessibility Levels) desenvolvido em Londres, que inclui o tempo de caminhada e a disponibilidade do serviço. Os tempos de caminhada são calculados considerando a partida de um determinado ponto de interesse a algum ponto de acesso ao transporte público, como paradas de ônibus. O PTAL engloba uma medida de frequência do serviço através do cálculo de uma média de tempo de espera nos pontos de acesso ao sistema. Adiciona-se, então, um fator de confiabilidade e o tempo total de acesso é calculado (TRANSPORT FOR LONDON, 2010).

Uma medida denominada EDF (Equivalent Doorstep Frequency) é produzida para cada ponto. Essa medida consiste de um valor que trata como se a linha estivesse exatamente à porta do ponto de interesse. O EDF é calculado seguindo a fórmula 1:

$$EDF = 30/\text{tempo de acesso total} \quad (1)$$

Considera-se para um sistema onde só há um modal que o índice de acessibilidade (AI) obedeça a fórmula:

$$AI = EDF_{max} + (0,5 \times \text{todos os demais EDFs}) \quad (2)$$

A acessibilidade é classificada, portanto, através de 6 categorias de PTAL, onde 6 representa um alto nível de acessibilidade e 1 um baixo nível de acessibilidade conforme ilustrado na Tabela 4.

Tabela 4 - Classificação da acessibilidade conforme método PTAL

PTAL	Intervalo do índice	Descrição
1a (Baixo)	0,01-2,50	Muito pobre
1b	2,51-5,00	Muito pobre
2	5,01-10,00	Pobre
3	10,01-15,00	Moderado
4	15,01-20,00	Bom
5	20,01-25,00	Muito bom
6a	25,01-40,00	Excelente
6b (Alto)	40,01 +	Excelente

Fonte: TRANSPORT FOR LONDON, 2010.

2.5 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA

Quando uma das principais características relevantes dos dados é a localização, o uso dos sistemas de informação geográfica (SIG) é possível, uma vez que se baseia em uma tecnologia de armazenamento, análise e tratamento de dados espaciais, não espaciais e temporais (SILVA, 1998). Esta ferramenta permite-nos visualizar, questionar, analisar e interpretar dados para compreender relações, padrões e tendências.

Segundo Cruz e Campos (2005), SIG pode ser definido como um instrumento com uma variedade de funções. Sua principal característica é apresentar mecanismos sofisticados para manipulação de análise espacial de dados, permitindo uma visualização bem mais intuitiva dos dados do que a obtida através de relatórios e gráficos convencionais.

Os três principais componentes de um SIG são: informação georreferenciada; ferramentas informáticas (*hardware/software*); e, meios humanos (MONTEIRO, 2004).

- I. O *hardware* armazena, processa e disponibiliza a informação em formato digital. Os equipamentos utilizados podem ser dos mais simples aos mais sofisticados. Pode variar desde um computador pessoal a uma estação de trabalho mais aprimorada, bem como os próprios sistemas operativos (e.g. Windows, UNIX). Podem incluir-se ainda os periféricos de entrada de dados como scanners e mesas digitalizadoras.
- II. O *software* é responsável por executar as operações de um SIG e, basicamente, é constituído por um produto comercial específico para o suporte de informação geográfica podendo variar entre os programas para os quais é necessário ter uma licença (e.g. Mapinfo, ArcGIS, Transcad e VisualSIG) e software livre ou open source (e.g. GeoMedia, Spring e QGis).
- III. A componente humana de um SIG está relacionada com as pessoas responsáveis pela concepção, execução e utilização do sistema.

Por se tratar de uma ferramenta que permite manusear, atualizar, acrescentar novas informações somente com parte dos dados de forma rápida e flexível em função do problema em questão, faz com que o SIG se torne um grande instrumento para representar modelos de transporte, surgindo assim a designação de GIS-T (*Geographical Information Systems in Transportation*). Tais características segundo SILVA (1998) funcionam muito bem como informações necessárias para alimentar modelos de transportes, são eles:

- Dados socioeconômicos e demográficos de população (habitantes, empregos, renda, produção industrial e agrícola, vagas escolares, dentre outros);
- Dados sobre característica de uso e ocupação de solo;
- Dados que descrevem a oferta de transporte;
- Dados sobre a demanda por transporte.

Esse tipo de programa oferece ao usuário acesso a base de dados geográficos e de transporte, podendo ser combinado de diferentes maneiras. Essas peculiaridades tornam o programa útil em múltiplas aplicações que vão desde cadastros urbanos até planejamentos operacionais de qualquer modo de transporte (SILVA, 1998).

Em outras palavras, podemos definir o GIS-T a uma dada aplicação de tecnologias de informação geográfica para os problemas de transporte, ou seja, as aplicações GIS-T são voltadas para a análise de transportes e redes e são utilizadas seja para gestão e planejamento dos transportes públicos seja para logística empresarial (MONTEIRO, 2004).

O SIG para transporte público urbano é aquele que herda as características dos demais, acrescidos das especificidades do TPU (FERREIRA, 2007).

No trabalho de análise da acessibilidade do sistema de transporte público urbano, aplicado à cidade de São Carlos-SP, Pianucci (2011) utilizou o SIG TransCAD versão 4.8 nas etapas:

- Seleção e análise de dados;
- Preparação das bases de dados;
- Geração dos mapas dos usuários e dos pontos de ônibus;
- Cálculo das distâncias.

Segundo Pianucci (2011), a utilização das ferramentas de um sistema de informações geográficas foi imprescindível para a realização dos estudos. O *software* TransCad versão 4.8 foi útil para o processo de organização, tratamento e avaliação dos dados, que se apresentavam desagregadas, além de fornecer resultados vinculados à localização geográfica dos pontos de ônibus e das residências dos usuários do TPU de São Carlos-SP.

Aplicativos mais simples podem ser utilizados quando a finalidade for coleta de dados do GPS, um exemplo é o *OruxMap*. Jose Vazquez, criador do aplicativo em seu guia de utilização, o define como sendo uma aplicação executada nas versões do sistema operacional Android em dispositivos do tipo *smartphone* ou tablete. Ele utiliza imagens em formato digital (tipo *raster* e vetorial) como fundo, permitindo a navegação, a visualização e modificação de dados do GPS, a criação de rotas (*routes*), pontos de passagem (*Waypoints*) e trajetos (*Tracks*). Algumas de suas principais funções são:

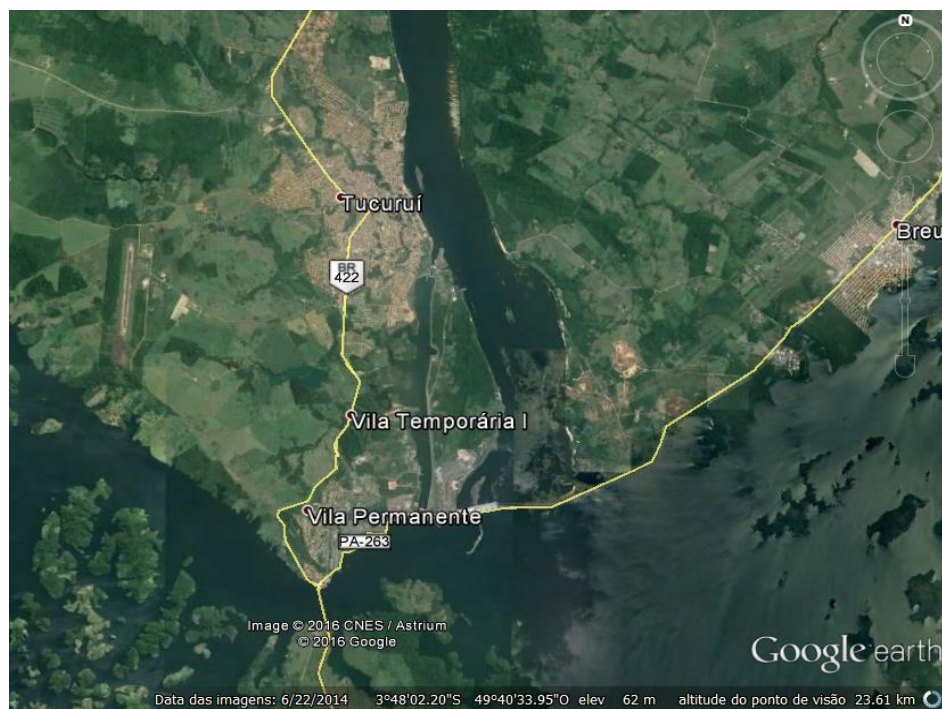
- Visualização, navegação sobre mapas *online* (*Google Maps*, *Microsoft Bing*, *OpenStreet Map*, etc.) e armazenamento dos mapas percorridos em cache local;
- Criação de mapas *offline* a partir de mapas *online*;
- Suporte de recetores GPS externos *Bluetooth*;
- Visualização e navegação sobre mapas *offline* (*raster* ou vetorial);

- Registo automático e armazenamento dos pontos de localização fornecidos pelo receptor GPS à medida que nos deslocamos, criado o trajeto percorrido (função de *track log*);
- Carregamento e visualização de rotas e trajetos, a partir dos formatos *.gpx* e *.kml/kmz*;

2.6 SISTEMAS DE TRANSPORTE PÚBLICO DE TUCURUÍ

A cidade de Tucuruí está localizada no estado do Pará, à margem do rio Tocantins, a 450km da capital Belém. Tucuruí possui área territorial de 2.086,19 km², com população de 107.189 habitantes, segundo estimativa do IBGE para 2015. A figura 5 ilustra a localização da cidade.

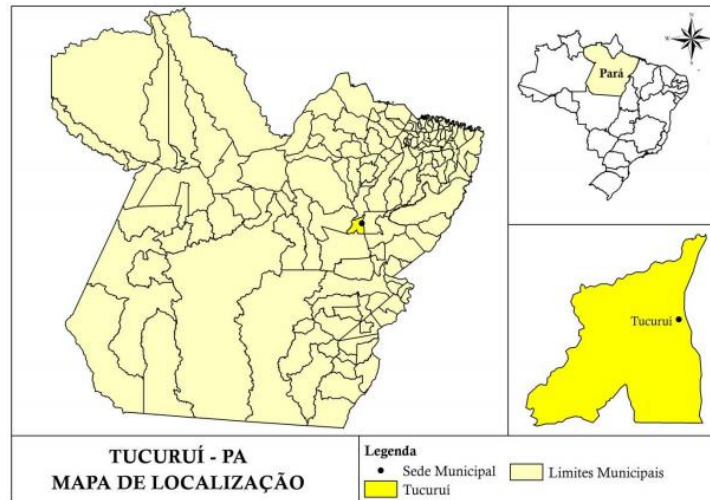
Figura 5 - Localização de Tucuruí – PA.



Fonte: GOOGLE EARTH, 2016.

A Figura 6 apresenta o mapa de localização do município de Tucuruí-PA.

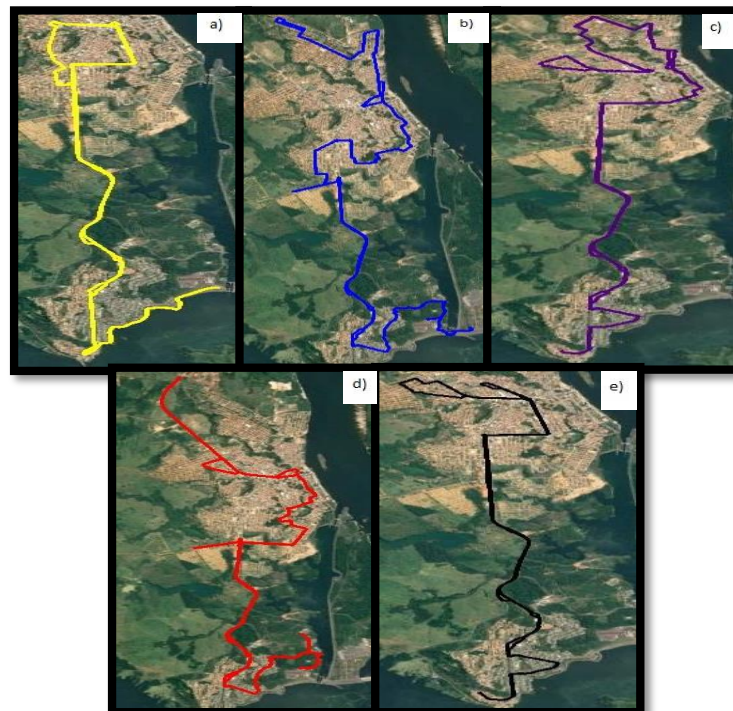
Figura 6 - Mapa de localização de Tucuruí.



Fonte: PMAE TUCURUI, 2014.

O serviço de transporte público em Tucuruí é operado pela empresa Viação Tucuruí Ltda desde 1999, ano de sua primeira concessão. Operam em Tucuruí 5 linhas regulares (Figura 7), Rapidinho, Vila/Cidade, Alojamento/Km4, Alojamento/Conquista e Breu Branco, sendo esta última uma linha intermunicipal, além de linhas especiais que atendem demandas como Hospital Municipal, Usina e UFPA.

Figura 7 - Mapas das linhas: a) Breu Branco b) Alojamento/conquista c) Vila/cidade d) Alojamento/ km04 e) Rapidinho.



Fonte: Adaptado GOOGLE EARTH, 2016.

A Figura 8, ilustra a união de todas as linhas, para uma melhor visualização do atendimento geral do TPU no município de Tucuruí-PA.

Figura 8 - Mapa da união de todas as linhas.



Fonte: Adaptado GOOGLE EARTH, 2016.

A linha Rapidinho é a menos extensa, e opera como uma linha de função diametral, ou seja, essa linha tem, basicamente, o objetivo de conectar os dois centros urbanos de Tucuruí, o núcleo Tucuruí a Vila Residencial, de forma direta, passando pela zona central.

A linha Vila/Cidade é considerada uma linha circular com passagem pela zona central. Esta linha tem percurso mais extenso, pois faz atendimento a diversos pólos da cidade.

As linhas Alojamento/Km04 e Alojamento/Conquista têm o traçado do tipo Interbairros. São as linhas de percursos mais extensos dentro da cidade, e, conseqüentemente, apresentam maiores tempos de viagem. Essas linhas possuem traçados que passam pelos bairros mais periféricos e fazem ligação com a zona central.

A linha Breu Branco atua dentro do município com traçado bastante similar ao da linha Rapidinho, caracterizando-se então, como um traçado do tipo diametral, porém esta é uma linha intermunicipal, que atende não só os dois núcleos urbanos de Tucuruí, mas também atende ao município vizinho, Breu Branco.

Diariamente, a empresa atende de seis a sete mil passageiros, com menor demanda aos domingos, tendo média de demanda mensal variando entre duzentos e trezentos mil passageiros, com maior concentração de passageiros na linha Cidade/Vila. A quilometragem diária percorrida pelas linhas é informada na Tabela 5, conforme dados enviados pela empresa.

Tabela 5 - Frota e quilometragem mensal de linhas operantes em Tucuruí.

LINHA	FROTA	QUILOMETRAGEM DIÁRIA (Km/dia)
Cidade/Vila	6	350
Rapidinho	4	335
Alojamento/Km4	2	370
Alojamento/conquista	2	400
Breu	4	500
Reforço	5	130

3 MÉTODO PROPOSTO

Este capítulo aborda o método empregado para análise da acessibilidade ao sistema de transporte público de Tucuruí com base nos padrões de classificação indicados por Ferraz e Torres (2004).

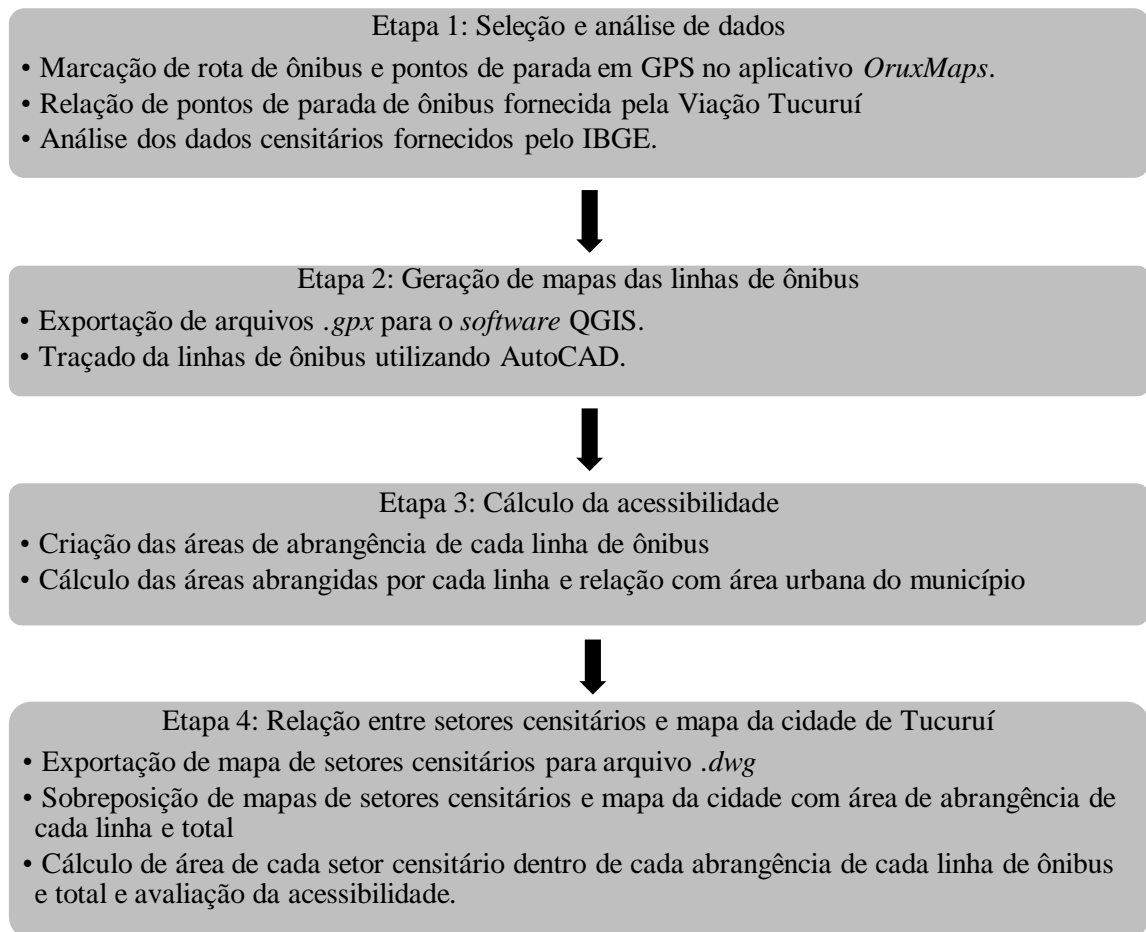
As etapas deste trabalho foram desenvolvidas com base em seus objetivos específicos, e são apresentadas da seguinte forma: tendo como padrão os critérios de acessibilidade, calcular a área de abrangência de cada linha de ônibus em raios de 300 e 500 metros, e relacionar as áreas abrangidas por cada linha de ônibus às áreas dos setores censitários do município considerando suas respectivas densidades demográficas.

Na coleta de dados foram utilizados, o aplicativo para celular *OruxMaps* que permitiu o registro georreferenciado do itinerário das linhas de ônibus, além dos dados censitários do IBGE 2010 (densidade demográfica) e informações fornecidos pela Secretaria Municipal de Obras e Habitação de Tucuruí (arquivo em formato *.dwg* do mapa da cidade).

A ausência de dados atualizados referentes ao transporte público de Tucuruí, como por exemplo, a ausência da pesquisa O/D, impõem algumas limitações ao desenvolvimento de análises de maior precisão.

É apresentada, na Figura 9, a estrutura geral e mais detalhes quanto a cada etapa do método proposto.

Figura 9 - Etapas de desenvolvimento do método proposto.



3.2 ETAPAS DO MÉTODO PROPOSTO

3.2.1 Seleção e análise de dados

Para que fosse possível a análise da acessibilidade, primeiramente foram coletados através do aplicativo *OruxMaps* os itinerários realizados pelas cinco linhas atuantes em Tucuruí, sendo: Rapidinho, Vila/Cidade, Breu Branco, Alojamento/Km4 e Alojamento/Conquista.

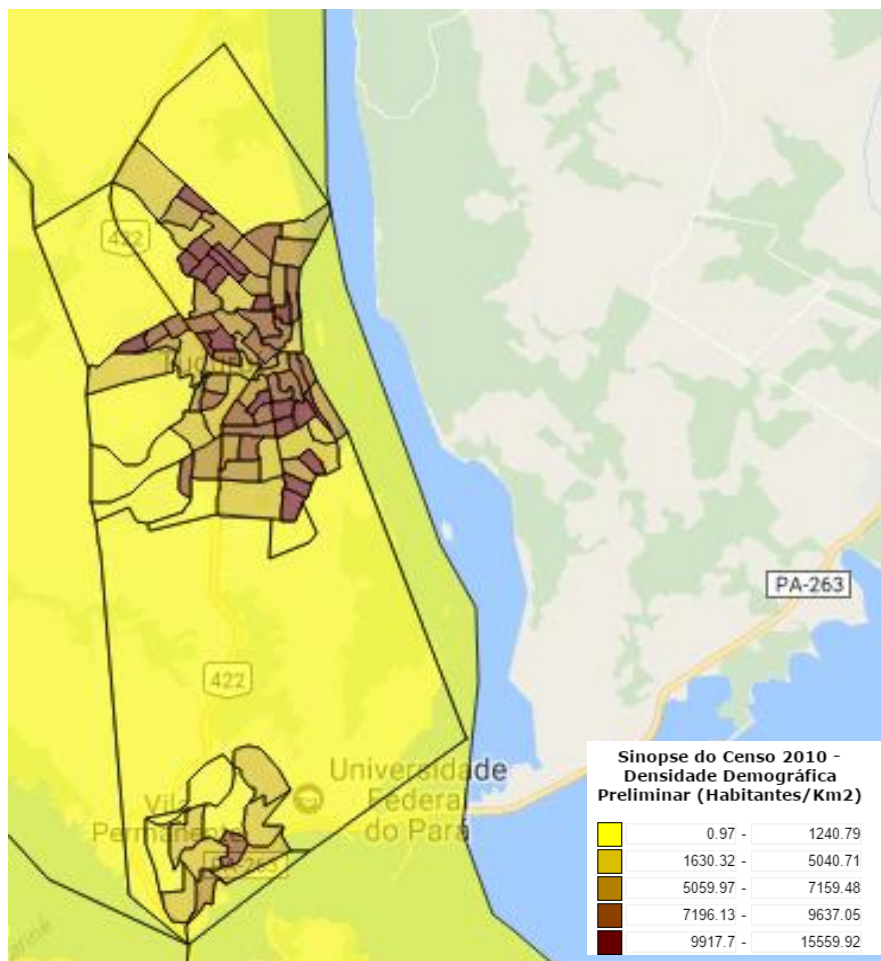
Os dados correspondentes ao real itinerário realizado pela viação foram coletados através do acompanhamento de cada percurso de ida e volta em cada uma das linhas, realizadas no mês de junho corrente. Um pesquisador subiu no ônibus no ponto inicial, e a partir daquele ponto foram marcados no GPS cada ponto de parada através da ferramenta *waypoints*. De posse

da lista de pontos de paradas fornecida pela própria empresa operadora, foi possível acompanhar as mudanças ocorridas nos percursos.

Uma vez que os dados fornecidos pela Viação Tucuruí como pontos de parada estão, de certa forma, obsoletos, optou-se por considerar pontos de parada: (i) os locais listados pela Viação Tucuruí; (ii) os pontos com aglomeração de pessoas; (iii) os locais indicados através de placas, e; (iv) pontos onde ocorreram paradas para subida de passageiros.

Posteriormente, para relacionar a acessibilidade à densidade demográfica de diferentes setores de Tucuruí, foi utilizado o mapa da cidade subdividido em setores censitários pelo IBGE. No caso de Tucuruí, o mapa é dividido em 93 setores censitários, posteriormente agrupados 5 classes de densidades demográficas (Figura 10), e através da área dessas zonas foi possível relacionar ao atendimento do serviço prestado pela empresa de transporte público. A Tabela 6 apresenta essas classes divididas em muito baixa, baixa, regular, elevada e muito elevada para melhor compreensão.

Figura 10 - Setores censitários no município de Tucuruí.



Fonte: IBGE, 2016.

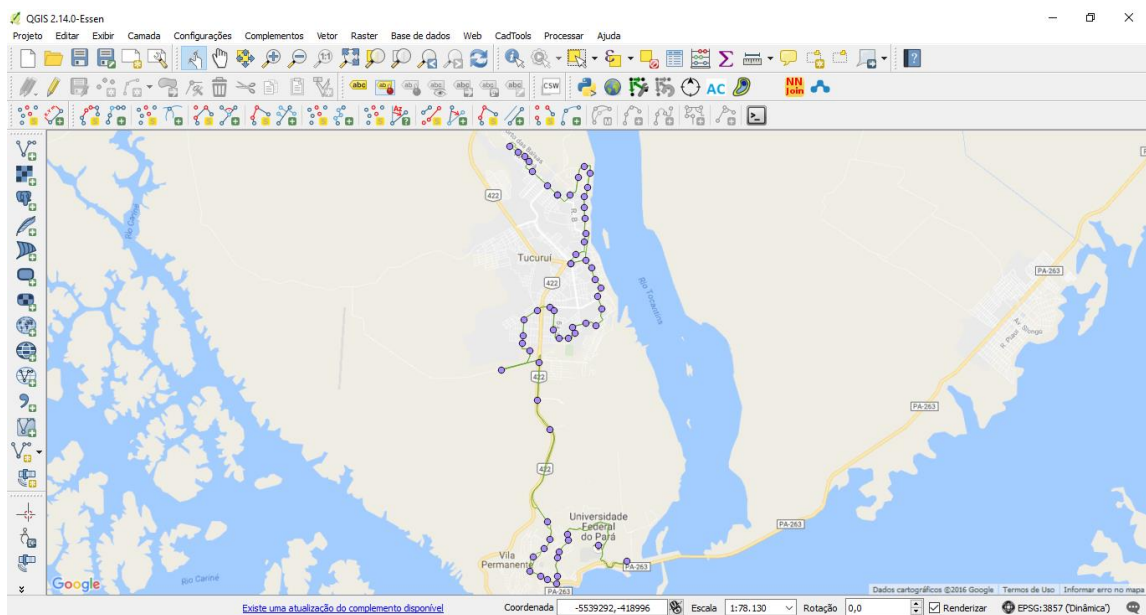
Tabela 6 - Classificação de densidade demográfica.

Densidade Populacional (hab/km ²)	Classe	Cor
0,97 - 1240	Muito Baixa	Amarela
1630,32-5040,71	Baixa	Amarelo escuro
5059,97-7159,48	Regular	Laranja
7196,13-9637,95	Elevada	Marrom
9917,7-15559,92	Muito Elevada	Vermelho

3.2.2 Geração de mapas das linhas de ônibus

Para que fosse realizado o cálculo da acessibilidade, os dados obtidos através do GPS foram exportados para leitura no *software* Quantum GIS versão 2.14. Neste trabalho, o *software* foi utilizado para a visualização do mapa do município com exportação dos dados de rotas e pontos de parada. O *software* apresenta a opção de utilizar diferentes mapas como camada base, como *Google Maps*, *Google Earth*, *Bing Maps*, *Open Street Maps*, entre outros. Optou-se por utilizar o *Google Maps* por apresentar informações mais atualizadas e precisas. A Figura 11 mostra a interface do programa QGIS, onde é possível perceber o traçado da linha Alojamento/conquista e a marcação dos pontos de ônibus atendidos por esta linha.

Figura 11 - Layout QGIS.



3.2.3 Cálculo da acessibilidade

De posse do arquivo *.dwg* do mapa da cidade com o traçado de cada linha atuante, é então possível calcular a abrangência de cada traçado, ou seja, a área ao redor de cada linha atendida em um raio de 300 e 500 metros. A escolha por essas distâncias origina-se na recomendação dada por Ferraz e Torres (2004) (Tabela 7). As áreas de abrangências foram feitas através do comando *offset* do AutoCAD das linhas de ônibus, aplicando, primeiramente o comando para a distância de 300 metros, e depois para a distância de 500 metros.

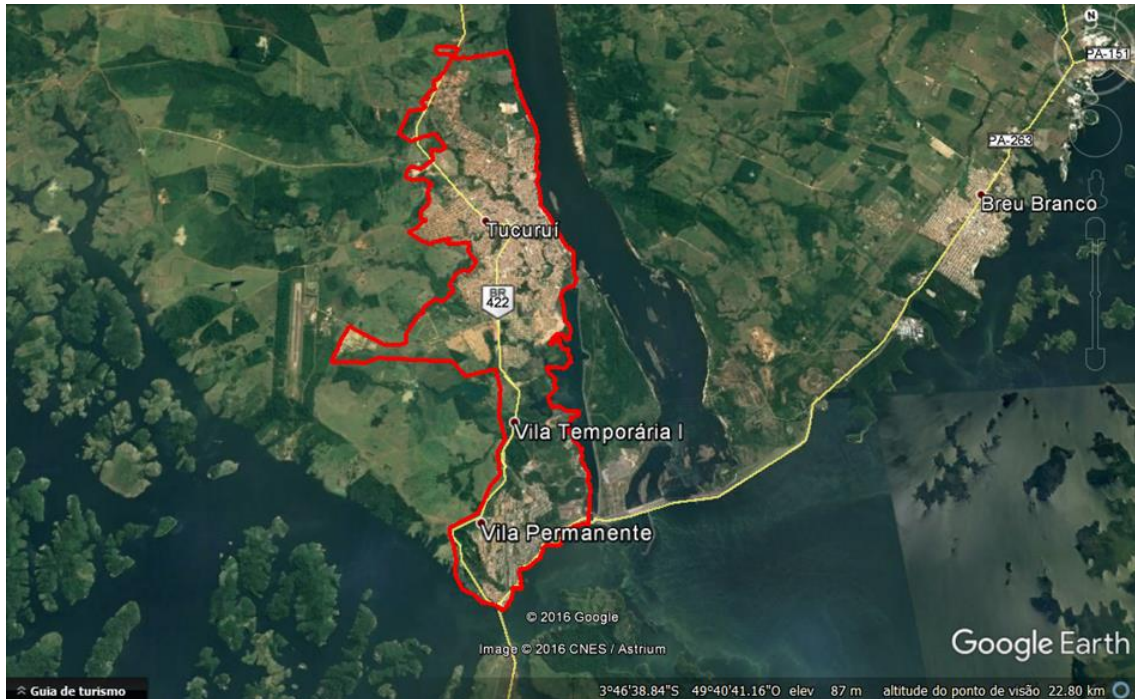
Tabela 7 - Padrão de qualidade para o transporte público urbano.

Fator	Parâmetro de avaliação	Bom	Regular	Ruim
Acessibilidade	Distância de caminhada no início e no fim de viagem (m)	<300	300-500	>500

Fonte: Adaptado de FERRAZ; TORRES (2004).

Inicialmente, utilizando o Google Earth Pro, através da ferramenta que permite a criação de polígonos, foi delimitado, então, o perímetro urbano de Tucuruí (Figura 12). O *software* permite que seja calculada a área dos polígonos desenhados. A área urbana total do município é de 33,75 km², considerando toda a área, incluindo a ligação Tucuruí-Vila Permanente, por estar em conformidade com o Plano Diretor do município.

Figura 12 - Perímetro urbano de Tucuruí.



Fonte: Adaptado GOOGLE EARTH, 2016.

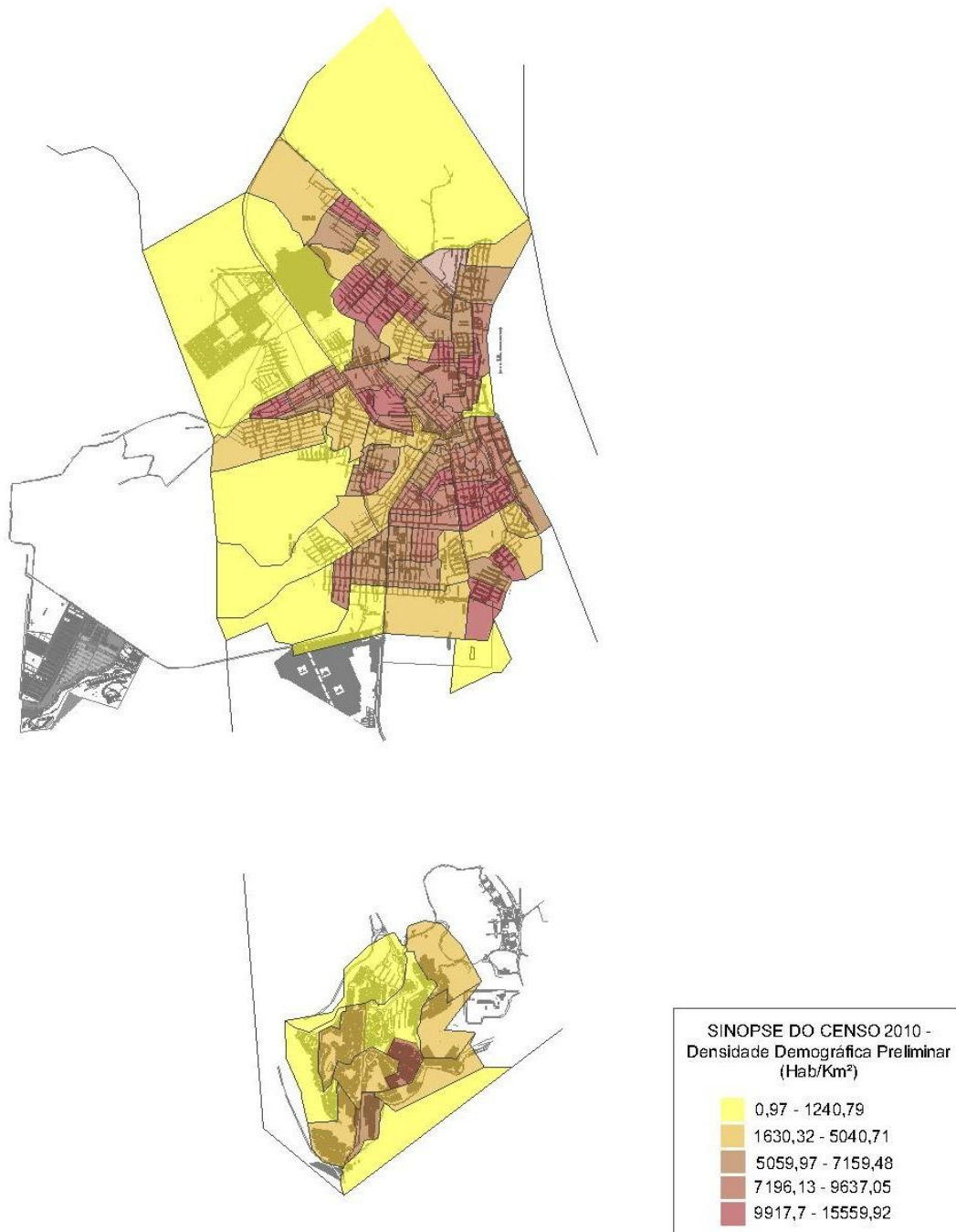
Com o auxílio do *software* Autodesk® AutoCAD® 2016, calcula-se, então a área de abrangência de cada uma das linhas para 300 e 500 metros. Relacionando esse valor, ao valor de área total do perímetro urbano de Tucuruí, é possível então, obter o percentual de áreas atendidas por cada linha, bem como o percentual de área total atendida pelo sistema.

Além disso, é possível fazer a análise de área atendida com boa, regular ou sem acessibilidade para diferentes zonas de Tucuruí, principalmente o cálculo para abrangência das linhas na cidade de Tucuruí e no residencial da Eletronorte (Vila Permanente).

3.2.4 Relação entre setores censitários e mapa da cidade de Tucuruí

Em um segundo momento, através de sobreposição de imagens, é possível visualizar os diferentes setores censitários, e o quanto deles é atendido pelo sistema de transporte público (Figura 13). Utilizando o AutoCAD® 2016, o mapa de setores censitários do IBGE fornecido em arquivo *.jpg* foi transformado em arquivo *.dwg*, a fim de calcular para cada setor o percentual de atendimento pelo sistema. Com base nos valores de cada setor, é possível relacionar e analisar quais as áreas de melhor acesso ao sistema e relacionar à demanda potencial de passageiros.

Figura 13 - Setores censitários sobrepostos ao mapa de Tucuruí.



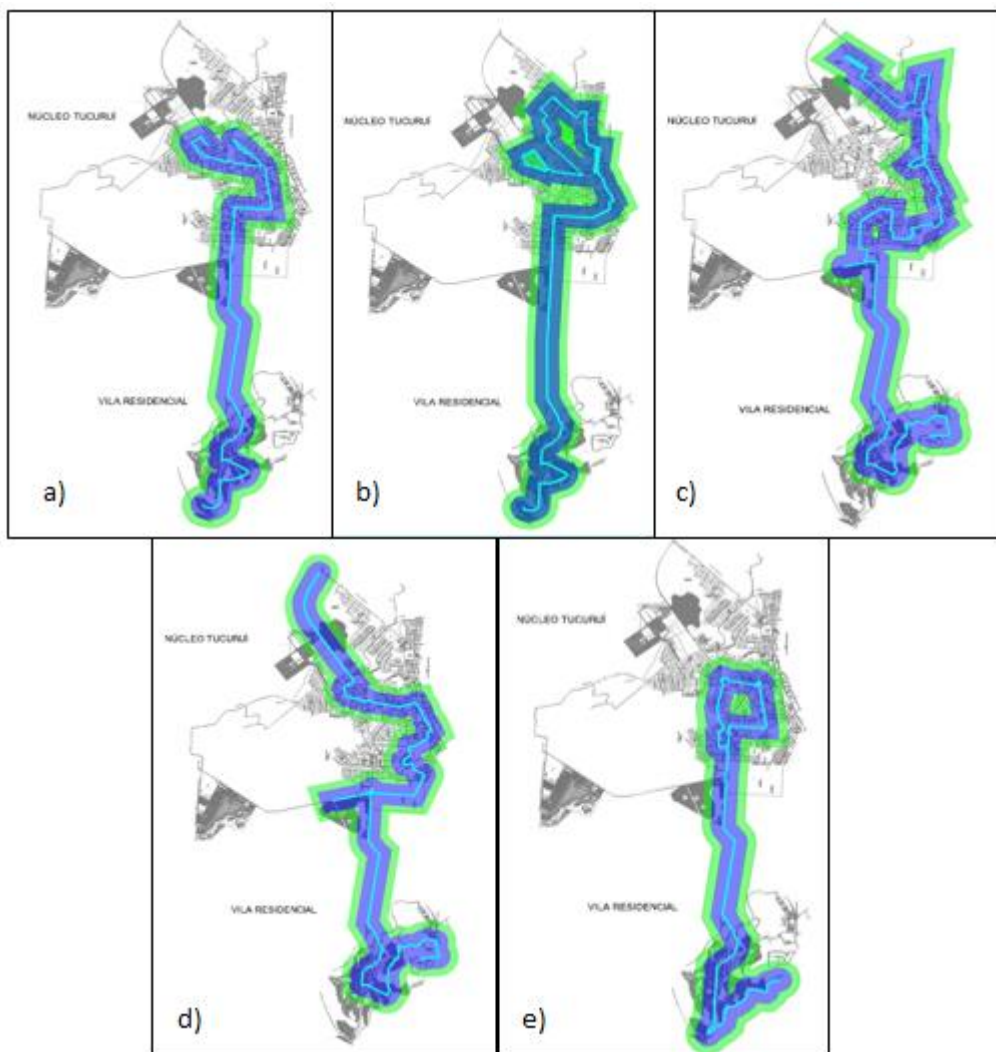
Para cada setor foi calculado o valor de área e percentual coberto pelas áreas de abrangência das linhas de TPU, para que, por fim, fosse possível fazer as considerações necessárias quanto à acessibilidade do sistema de transporte público de Tucuruí e a relação com a demanda devido à densidade demográfica da região.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DAS ÁREAS DE ABRANGÊNCIA DAS LINHAS DE ÔNIBUS

A Figura 14 ilustra as áreas de abrangência de cada linha de ônibus levando em consideração os parâmetros estabelecidos no livro de Ferraz e Torres (2004), em que a hachura de cor azul representa as áreas correspondentes a 300 metros, cuja acessibilidade é caracterizada como boa e a de cor verde representa a faixa entre 300 e 500 metros, em que a acessibilidade é regular. O Apêndice A traz as áreas de abrangência de cada uma das linhas em escala 1:50.000.

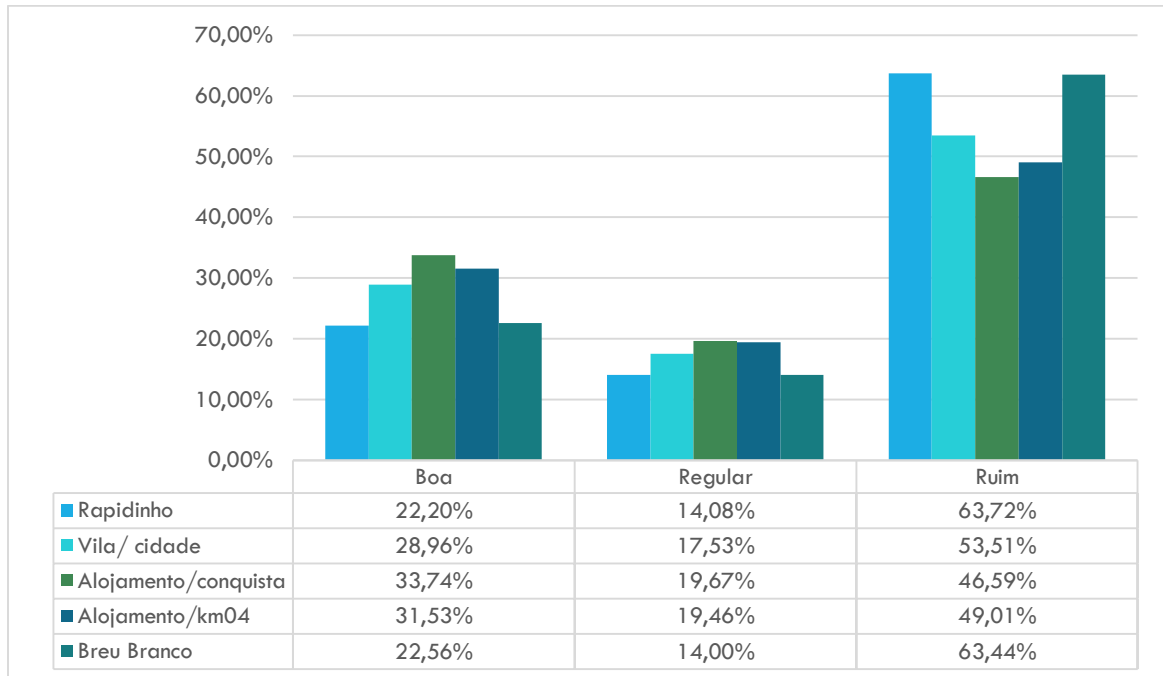
Figura 14 - Áreas de abrangências das linhas: a) Rapidinho b) Vila/Cidade c) Alojamento/Conquista d) Alojamento/ Km04 e) Breu Branco.



Após análise das áreas de abrangência de cada linha, foram obtidas as porcentagens correspondentes para cada parâmetro: bom, regular e ruim. As mesmas foram obtidas mediante

relação entre as áreas de cobertura de cada faixa de abrangência com a área total da cidade. Os resultados podem ser vistos na figura a seguir.

Figura 15 - Porcentagens dos parâmetros de acessibilidade de cada linha de ônibus.



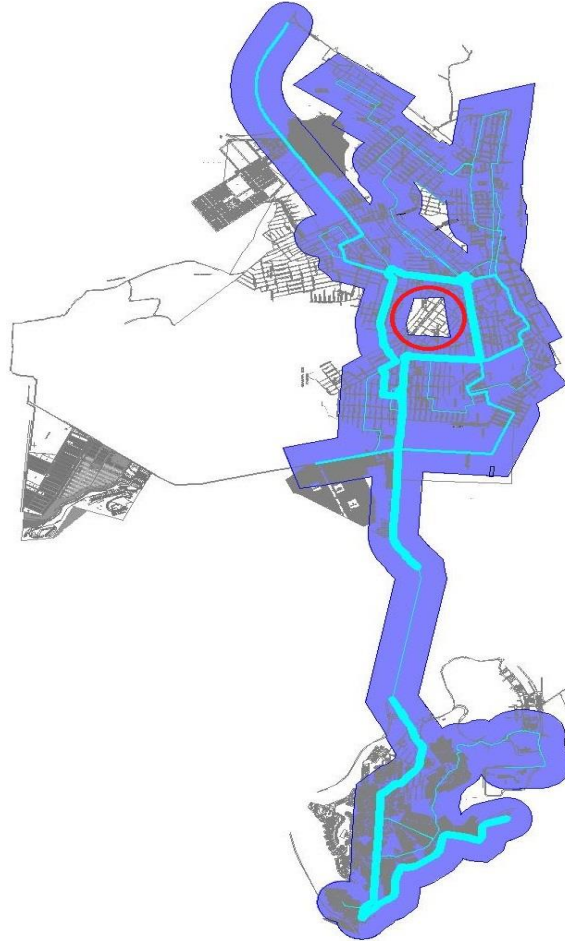
Tomando por base as porcentagens apresentadas na Figura 15, pode-se afirmar que as linhas que proporcionam uma melhor acessibilidade espacial são: Alojamento/Conquista, Alojamento/Km04 e Vila/Cidade, tal fato ocorre devido às mesmas cobrirem uma maior área da cidade, enquanto que as linhas Breu Branco e Rapidinho, por possuírem trajetos mais curtos, apresentam uma maior porcentagem correspondente à acessibilidade ruim. Vale ressaltar que a acessibilidade espacial no que diz respeito à área atendida, não é tão importante, uma vez que um maior trajeto nem sempre implica em um maior atendimento às zonas mais densamente povoadas.

Embora os dados da Figura 15 levem à conclusão de acessibilidade ao TPU de Tucuruí é muito ruim a realidade pode não ser tão expressiva assim, uma vez que a cidade possui grandes vazios na área urbana como, por exemplo: BR 422 (trecho entre Tucuruí e vila), estrada do Aeroporto e margem do canal da eclusa, o que distorce os resultados.

Realizadas as análises individuais de cada linha de ônibus, foram feitos os mesmos procedimentos para o mapa contendo todas as linhas juntas, visando medir a acessibilidade geral da cidade. A Figura 16 ilustra o mapa com abrangência correspondente a faixa de 300

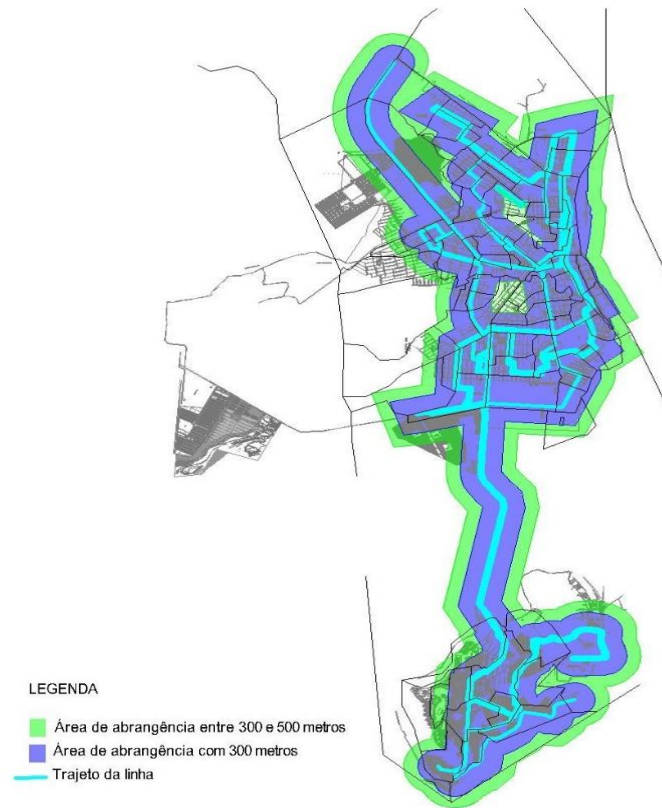
metros. O círculo vermelho mostra a área central da cidade situada na Avenida Veridiano Cardoso bairro Cohab central, que não é atendida por essa faixa.

Figura 16 - Área de abrangência de todas as linhas juntas com a faixa de 300 metros.



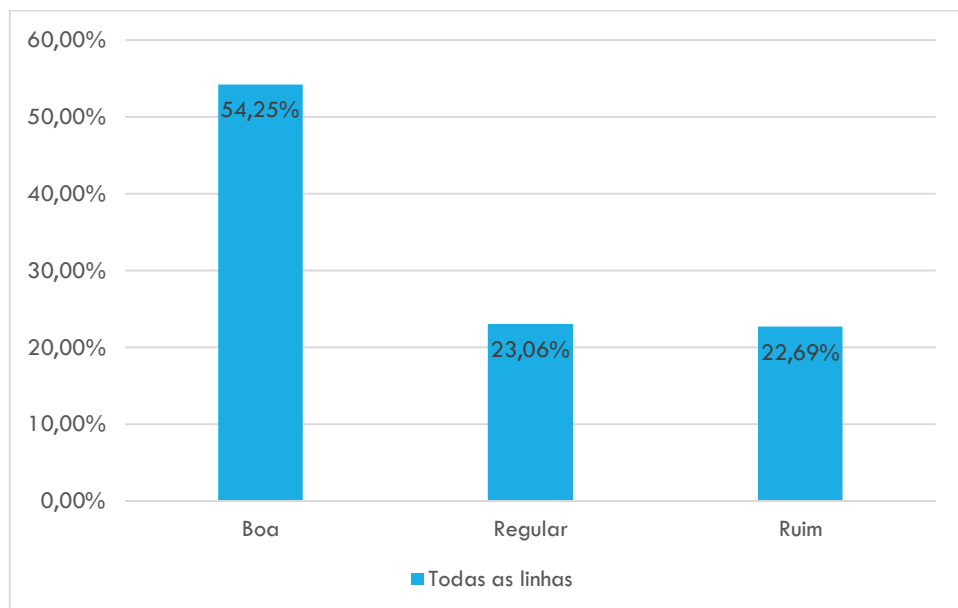
A Figura 17 ilustra as áreas de abrangência correspondente às faixas de 300 e 500 metros.

Figura 17 - Áreas de abrangência de todas as linhas juntas com as faixas de 300 e 500 metros.



Os resultados referentes às porcentagens de cada parâmetro de acessibilidade, assim como ilustrados para as linhas individuais, são exibidos na Figura 18.

Figura 18 - Porcentagens dos parâmetros de acessibilidade de todas as linhas juntas.



Após avaliação das Figuras 16 e 17, alguns pontos podem ser observados no que tange à acessibilidade geral da cidade. Em relação ao mapa com a abrangência por linha (Figura 16), nota-se que uma determinada área no centro da cidade não se encontra atendida com a abrangência de 300 metros (círculo vermelho), ou seja, não possui uma boa acessibilidade, fruto da inexistência de uma linha que atenda aquela região.

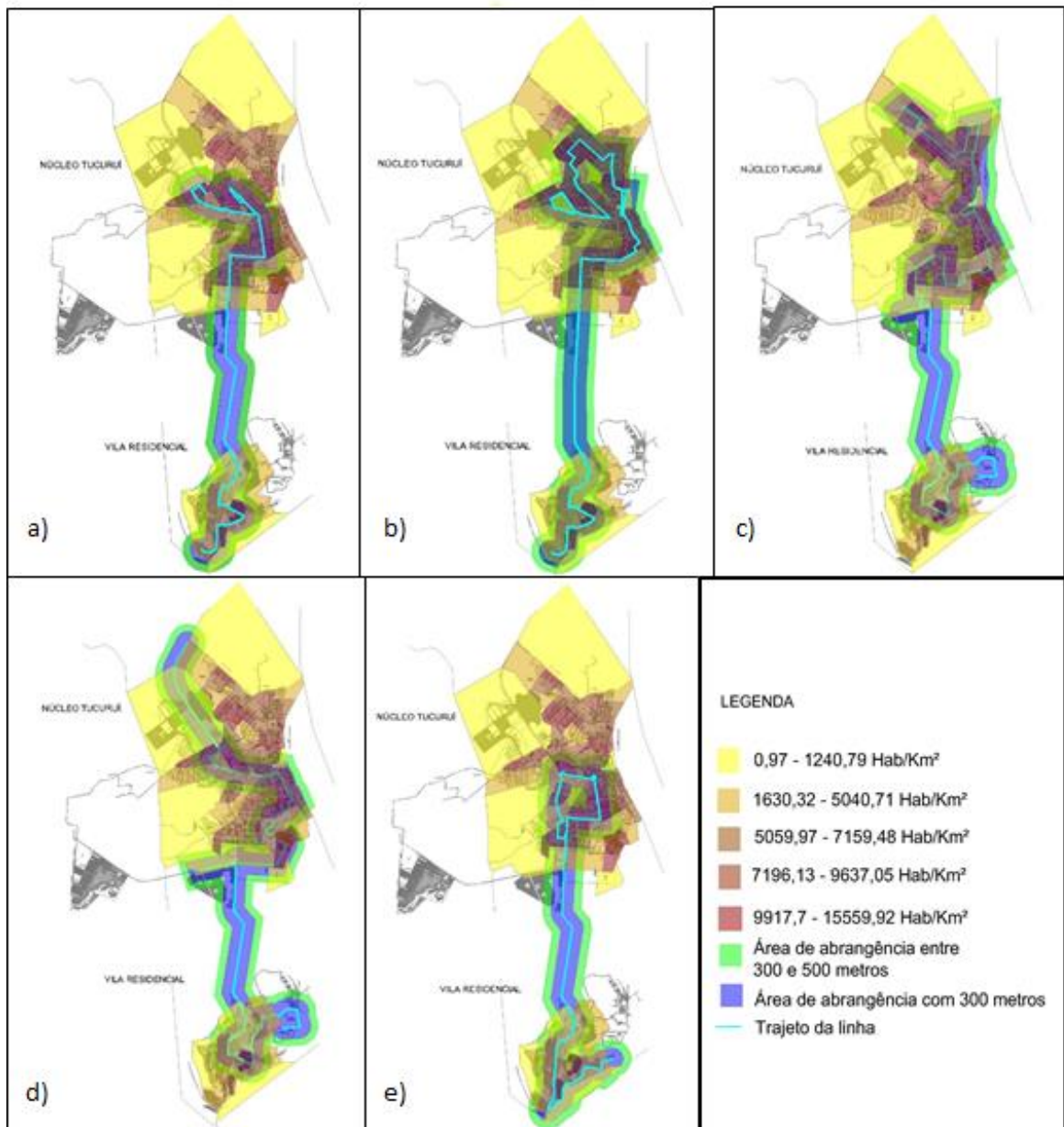
Em relação às porcentagens apresentadas na Figura 18, observa-se o aumento expressivo da acessibilidade considerada boa, que chegaram ao máximo até 33,74% nas análises individuais, tendo seu pior número na linha rapidinho com 22,20%. Quando unidas todas as linhas, essa porcentagem passa a ser 54,25%. A mesma lógica se aplica para o parâmetro de acessibilidade ruim, que chegou a 63,72% na linha rapidinho e na análise das linhas sobrepostas esse percentual cai para 22,69%. Obviamente quando sobrepostas todas as linhas a área de abrangências aumenta e conseqüentemente incrementa a acessibilidade geral da cidade.

Por fim, quando somadas as porcentagens correspondentes à acessibilidade boa e regular da Figura 18, tem-se um valor de 77,31% de acessibilidade dentro dos padrões considerados aceitáveis pela literatura técnica.

4.2 ANÁLISE DAS ÁREAS DE ABRANGÊNCIA DAS LINHAS DE ÔNIBUS E A RELAÇÃO EXISTENTE COM A DESINDADE DEMOGRÁFICA POR ZONA DE TRÁFEGO

A Figura 19 ilustra as linhas de ônibus Breu Branco, Rapidinho, Alojamento/Conquista, alojamento/Km4 e Vila/Cidade, juntamente com os mapas das densidades populacionais sobrepostas a elas.

Figura 19 - Relação dos mapas de densidade demográfica com as áreas de abrangência da linhas: a) Rapidinho b) Vila/Cidade c) Alojamento/conquista d) Alojamento/ Km04 e) Breu Branco.



Calculadas as áreas pertencentes a cada zona com suas respectivas densidades demográficas, conforme descrito no capítulo anterior, foram calculadas as porcentagens referentes a acessibilidade boa, regular e ruim. Os resultados obtidos são mostrados nas Tabelas 8, 9, 10, 11 e 12.

Tabela 8 - Porcentagem dos parâmetros de acessibilidade da linha rapidinho.

Rapidinho			
Densidade	Boa	Regular	Ruim
Muito Elevada	22,26%	10,23%	68%
Elevada	50,65%	21,41%	28%
Regular	34,58%	14,38%	51%
Baixa	31,34%	19,50%	49%
Muito Baixa	15,16%	12,11%	73%

Tabela 9 - Porcentagem dos parâmetros de acessibilidade da linha vila/cidade.

Vila/cidade			
Densidade	Boa	Regular	Ruim
Muito Elevada	60,91%	9,00%	30%
Elevada	69,65%	22,49%	8%
Regular	67,23%	18,94%	14%
Baixa	35,01%	24,45%	41%
Muito Baixa	15,63%	15,61%	69%

Tabela 10 - Porcentagem dos parâmetros de acessibilidade da linha Breu.

Breu Branco			
Densidade	Boa	Regular	Ruim
Muito Elevada	18,00%	10,77%	71,23%
Elevada	38,29%	24,08%	37,64%
Regular	33,26%	5,40%	61,34%
Baixa	34,75%	17,45%	47,79%
Muito Baixa	16,55%	13,43%	70,01%

Tabela 11- Porcentagem dos parâmetros de acessibilidade da linha Alojamento/km04.

Alojamento/km04			
Densidade	Boa	Regular	Ruim
Muito Elevada	37,85%	13,02%	49,13%
Elevada	41,96%	20,78%	37,27%
Regular	24,08%	10,96%	64,96%
Baixa	43,32%	19,15%	37,53%
Muito Baixa	27,79%	21,05%	51,16%

Tabela 12 - Porcentagem dos parâmetros de acessibilidade da linha Alojamento/conquista.

Alojamento/conquista			
Densidade	Boa	Regular	Ruim

Muito Elevada	44,07%	28,40%	27,53%
Elevada	61,59%	18,95%	19,46%
Regular	67,98%	7,99%	24,03%
Baixa	42,03%	23,26%	34,71%
Muito Baixa	23,28%	19,68%	57,04%

Na linha Rapidinho a classe de zonas com elevada densidade populacional, apresenta a melhor acessibilidade ao TPU quando comparada com as demais. Dos 20 setores censitários pertencentes a ela, 50,65% encontram-se no parâmetro bom, enquanto que 21,41% no regular e 28% no ruim.

Na linha Vila/cidade a classe de zonas com elevada densidade populacional, também apresenta a melhor porcentagem pertencente a acessibilidade boa. Dos 20 setores censitários pertencentes a ela 69,65% encontra-se nesse parâmetro, 22,49% no regular e 8% no ruim.

Na linha Breu Branco assim como as demais já citadas anteriormente apresenta a classe de zonas com elevada densidade populacional, com o melhor índice de acessibilidade, em que, das 20 zonas pertencentes a ela 38,29% é considerada boa, 24,08% regular e 37,64% ruim.

Na linha Alojamento/km04 a classe que apresenta o melhor atendimento a acessibilidade também é a de baixa densidade populacional, onde 43,32% encontram-se dentro da faixa considerada como boa, 19,15% na regular e 37,53% na ruim.

Na linha Alojamento/conquista a classe que apresenta o melhor índice de acessibilidade é a de regular densidade populacional, das 20 zonas pertencentes a ela 67,98% encontra-se dentro da faixa considerada boa, 18,94% na regular e 19,46% na ruim.

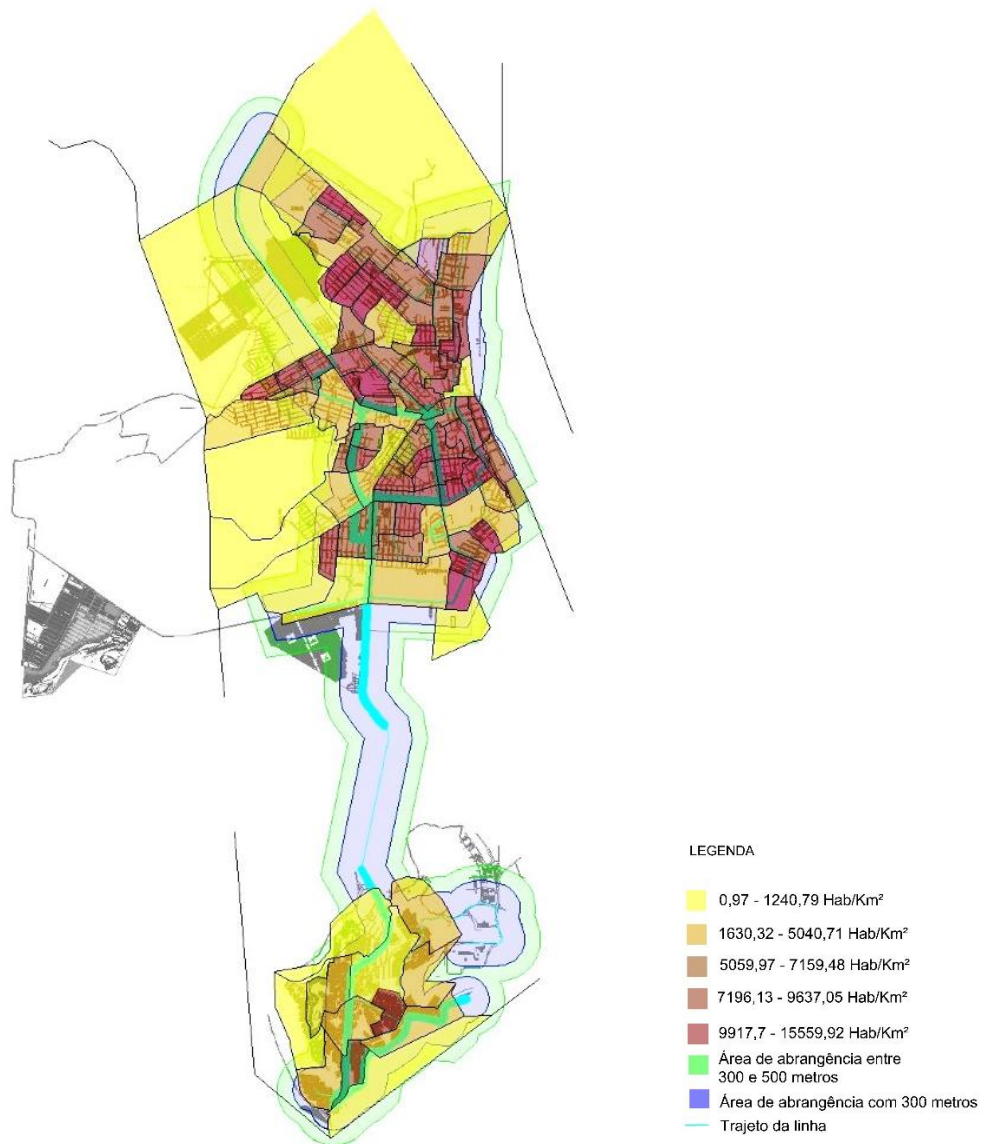
De modo geral observa-se que as linhas Rapidinho, Vila/cidade e Alojamento/conquista proporcionam melhor acessibilidade às zonas mais densamente povoadas, dando ênfase a linha Vila/cidade que possui porcentagens superiores a 60% nas 3 zonas de maiores densidades populacionais. Evidenciando assim, o atendimento efetivo por parte dessa linha a demanda de passageiros. Os piores resultados foram encontrados na linha Breu Branco que apresenta 71,23% das zonas com densidade elevada dentro do parâmetro ruim de acessibilidade.

Quando analisadas individualmente as linhas atuantes no município, percebe-se que os resultados encontrados quando relacionadas com a densidade populacionais, são melhores que aqueles obtidos somente na acessibilidade espacial, demonstrando que embora as linhas

deixem a desejar no que diz respeito a sua área de abrangência, elas acabam por atender satisfatoriamente boa parte da população da cidade.

Realizadas as análises individuais de cada linha, foi feito o mesmo procedimento para o mapa contendo todas elas juntas, com finalidade de medir a acessibilidade geral da cidade relacionando com as densidades demográficas do município. A Figura 20 ilustra o mapa contendo todas as linhas de ônibus, juntamente com o mapa da densidade demográfica sobreposta a ela.

Figura 20 - Sobreposição de áreas de abrangência de todas as linhas e setores censitários.



Os resultados obtidos após análises dos mapas podem ser observados na Tabela 13.

Tabela 13 - Porcentagem dos parâmetros de acessibilidade de todas as linhas juntas.

Todas as Linhas			
Densidade	Boa	Regular	Ruim
Muito Elevada	92,13%	5,08%	2,79%
Elevada	93,95%	6,00%	0,05%
Regular	91,93%	7,15%	0,91%
Baixa	76,20%	16,00%	7,80%
Muito Baixa	36,33%	30,21%	33,46%

Dos 20 setores censitários com densidade muito elevada, 92,13% possuem boa acessibilidade ao TPU, 5,08% tem acessibilidade regular e 2,79% não tem acessibilidade ao TPU.

Dos 20 setores censitários com densidade elevada, 93,95% possuem boa acessibilidade ao TPU, 6% tem acessibilidade regular e 0,05% não tem acessibilidade ao TPU.

Dos 20 setores censitários com densidade regular, 91,93% possuem boa acessibilidade ao TPU, 7,15% tem acessibilidade regular e 0,91% não tem acessibilidade ao TPU.

Dos 20 setores censitários com densidade baixa, 76,20% possuem boa acessibilidade ao TPU, 16% tem acessibilidade regular e 7,80% não tem acessibilidade ao TPU.

Nas demais áreas da cidade cuja densidade demográfica é considerada muito baixa, 36,33% possuem boa acessibilidade ao TPU, 30,31% tem acessibilidade regular e 33,46% não tem acessibilidade ao sistema.

De modo geral, as 4 classes de setores censitários mais densamente povoadas encontram-se bem atendidas no que tange à acessibilidade da cidade, com uma porcentagem superior a 75% de cobertura pelo parâmetro (BOM) presente na literatura técnica. Para a acessibilidade esses resultados são considerados muito bons, logo, a cidade de Tucuruí apresenta um quadro positivo quando analisado esse indicador de qualidade. O TPU embora não atenda tão bem a acessibilidade espacial, possui uma boa acessibilidade nas regiões densamente povoadas.

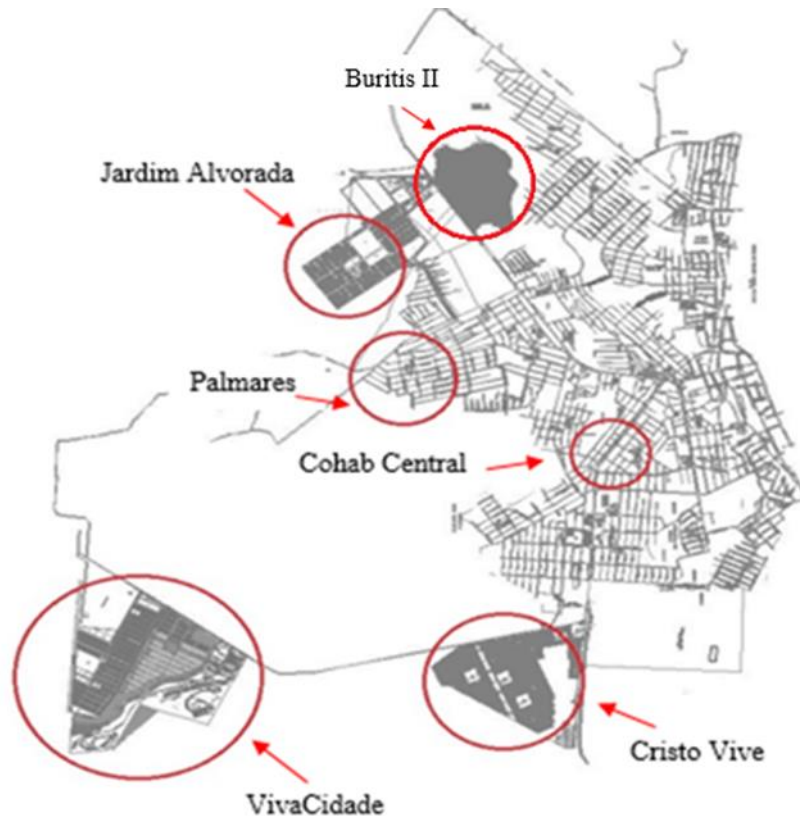
Ou seja, a acessibilidade ao TPU de Tucuruí é boa. No entanto a mesma pode melhorar em alguns aspectos, como por exemplo, preencher lacunas presentes nas áreas centrais da cidade, carentes de atendimento do serviço de transporte público. Pode-se afirmar, portanto que, provavelmente, a acessibilidade não é o parâmetro que faz com o TPU de Tucuruí seja

ruim. Outros problemas com, falta de conectividade, falta de sistema de informação, qualidade das vias, devem ser piores que a acessibilidade e comprometem a qualidade do serviço ofertado.

4.3 SUGESTÕES PARA INCREMENTAR A ACESSIBILIDADE AO TPU DE TUCURUÍ

Os resultados obtidos concluem que a cidade de Tucuruí apresenta boa acessibilidade, porém, mesmo que um elevado percentual da cidade tenha acesso ao sistema, ainda há setores com carência de atendimento. Para melhoria da acessibilidade ao TPU de Tucuruí são sugeridas propostas para as seguintes áreas, que podem ser visualizadas na Figura 21.

Figura 21. Áreas a serem atendidas pelo TPU de Tucuruí.



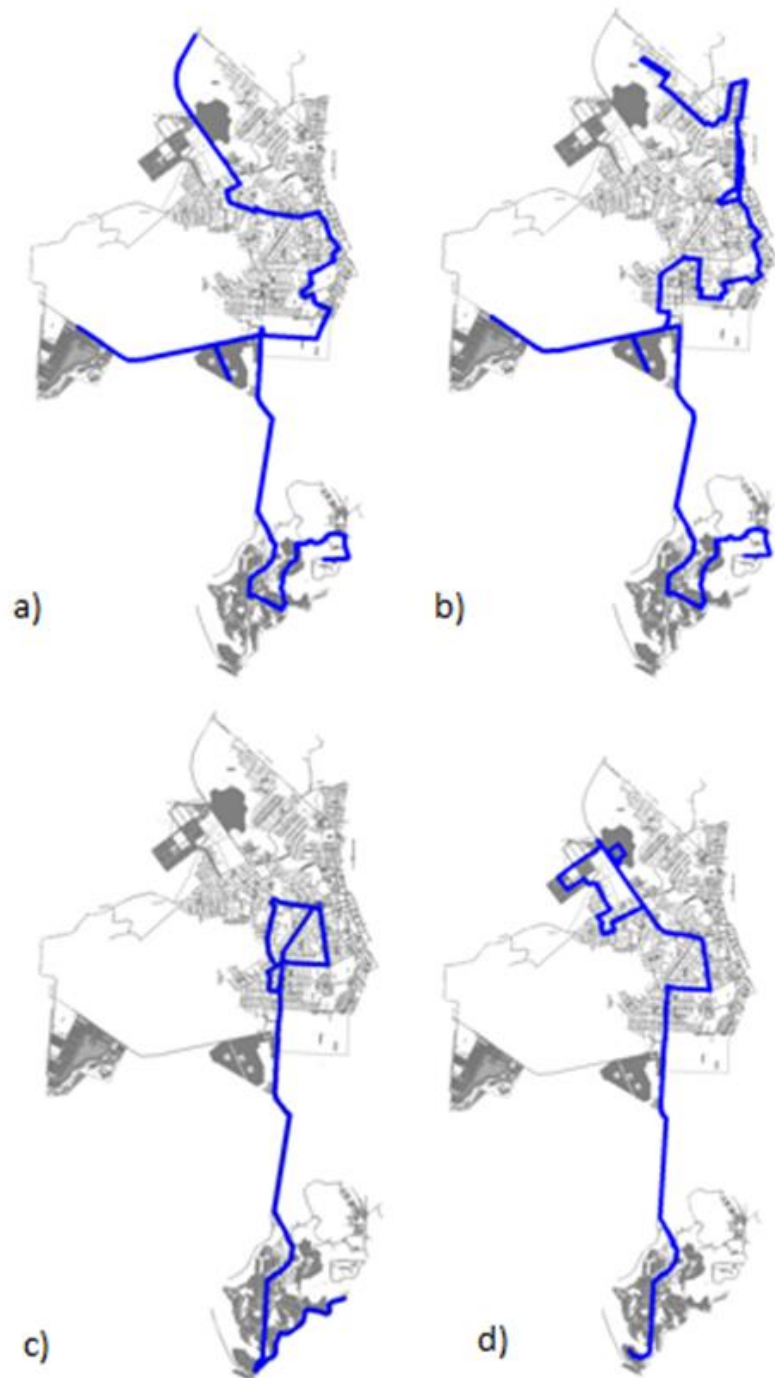
Alteração no traçado das linhas Alojamento/Km4 e Alojamento/Conquista, que atendem a avenida principal de acesso ao residencial Cristo Vive. Propõe-se que elas passem a circular também dentro do residencial, pois a região mais periférica deste bairro tem acessibilidade ruim.

Alteração no traçado das linhas Alojamento/Km4 e Alojamento/Nova Conquista para atender o residencial VivaCidade, próximo ao aeroporto da cidade, pois esta é a maior área habitada não atendida pelo sistema, conforme os dados coletados. Constatou-se, porém, que após a coleta dos dados, a empresa por conta própria começou a operar nesta área a partir do mês de outubro. Sem tempo hábil para que fosse realizada nova coleta.

Extensão da linha Breu Branco para atendimento ao bairro Cohab central, localizada no centro da cidade com áreas em setores cuja a densidade demográfica é elevada e regular.

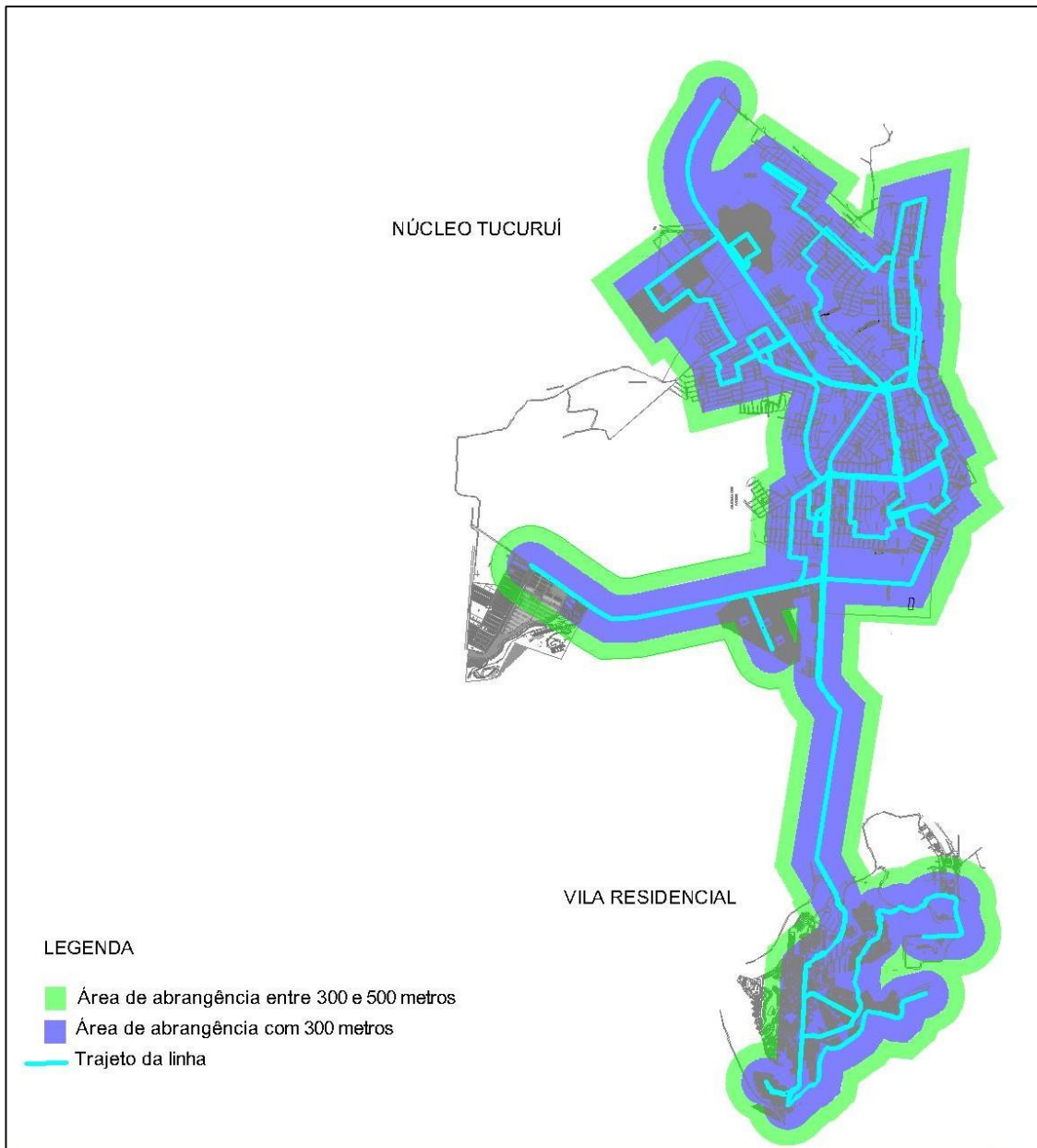
Criação de uma nova linha interbairros que atenda os residenciais localizados ao Norte da cidade, como Palmares, Bairros Jardim Alvorada e Buritis II (Figura 22). Essas áreas estão em constante expansão e ainda não são atendidas pelo TPU. Propõe-se a criação de nova linha para não elevar demasiadamente o tempo de viagem das linhas Alojamento/Km4 e Alojamento/Conquista, que são linhas que atualmente operam como interbairros.

Figura 22 - Propostas para melhorias nos itinerários: a)Alojamento/Km4; b)Alojamento/Conquista; c) Breu Branco; d) Nova linha.



As mudanças propostas foram feitas com o único intuito de conferir melhor acessibilidade à área mal atendida pelo TPU da cidade. Foram desconsideradas qualquer avaliação de custo benefício dessas medidas. As mudanças na acessibilidade ocasionadas pelas propostas podem ser visualizadas na Figura 23.

Figura 23 - Acessibilidade espacial resultante das novas propostas.



5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1 CONCLUSÕES

Este estudo teve como objetivo principal desenvolver e aplicar um método para avaliação da acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus na cidade de Tucuruí-PA, com base no traçado dos itinerários das linhas atuantes. Foi realizada uma análise baseada na abrangência dessas linhas, considerando as áreas de influência para raios de 300 e 500 metros. O método proposto se faz aplicável a localidades onde há ausência de dados mais representativos dos desejos de viagem dos usuários de transporte público.

As análises feitas neste trabalho foram baseadas na literatura técnica, e nos padrões apontados por Ferraz e Torres (2004) para avaliação do fator acessibilidade, mediante a distância teórica de caminhada do usuário até o sistema.

Os resultados obtidos neste trabalho atestam que a cidade de Tucuruí possui boa acessibilidade ao transporte público, de maneira geral, uma vez que nas zonas de maior densidade populacional (classes muito elevada, elevada e regular) apresentam boa acessibilidade ao TPU em mais de 90% de suas áreas. Identificou-se que as linhas de TPU atendem as áreas mais habitadas do município, havendo carência de atendimento nas zonas de menor densidade demográficas. De maneira geral, as linhas de transporte público atuantes em Tucuruí apresentam boa acessibilidade conforme o método de avaliação adotado. As linhas abrangem a maior parte da área urbana da cidade. São poucas as áreas que não têm acessibilidade ao sistema (22,69%).

Vale ressaltar que uma acessibilidade satisfatória, isoladamente, não garante uma boa qualidade do serviço ofertado, sendo necessárias assim outras análises que levem em consideração os demais indicadores de qualidade avaliados pelos usuários. Os parágrafos seguintes relatam alguns problemas que afetam negativamente a qualidade do TPU.

Os itinerários Breu Branco e Rapidinho apresentam diferentes percursos no final da linha. A linha Rapidinho apresenta percurso mais longo no sentido Vila-Tucuruí, e a linha Breu apresenta percurso mais longo no sentido Tucuruí-Breu. Essa diferença no percurso é desvantajosa, pois beneficia parte dos usuários, e prejudica outros. O ideal é que as linhas sejam

o mais similar possível, para que os percursos sejam de melhor entendimento para os que utilizam o sistema apenas esporadicamente e para que o tempo de viagem não seja estendido.

A ausência da Pesquisa O-D representa um problema para o planejamento do sistema de transporte público de Tucuruí, pois, por mais que grande parte da cidade seja atendida pelo sistema, os desejos de viagem dos usuários não foram considerados, o que implicaria em um resultado mais negativo. Assim, embora a acessibilidade esteja satisfatória a conectividade do sistema pode estar comprometida.

Por fim, conclui-se que o método desenvolvido neste trabalho foi efetivo para avaliar acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus em Tucuruí-PA e assim contribuir com o poder público municipal para o planejamento urbano do município.

5.2 SUGESTÕES PARA PESQUISAS VINDOURAS

- Realizar pesquisa O/D para melhor localização dos usuários de transporte público, a fim de restringir a análise ao público efetivo do meio de transporte, conferindo à análise maior precisão dos resultados, além de poder proporcionar melhor conectividade ao TPU de Tucuruí-PA;
- Atualizar constantemente o banco de dados georreferenciados com as informações do sistema de TPU (itinerários, pontos de parada, mancha urbana, etc);
- Efetuar estudo de viabilidade econômica da implantação das propostas do item 4.3, a fim de validar as extensões e criação de linhas, relacionando-as à demanda.
- Definir padrão de acessibilidade global da cidade, estabelecendo classificação por percentual de cobertura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AZEVEDO FILHO, M. A. N. D. **Análise do processo de planejamento dos transportes como contribuição para a mobilidade urbana sustentável.** Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.
- BALBIM *et al.* **Mobilidade urbana: o brasil em transformação. O papel do ipea na construção do pacto da mobilidade.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Texto para discussão nº 2148. Brasília, 2013
- BRASIL. Lei nº 8.987 - de 13 de Fevereiro de 1995. Dispõe sobre o regime de concessão e permissão da prestação de serviços públicos previsto no art. 175 da Constituição Federal, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 13 de fevereiro de 1995.
- COELHO, C.S.O. **Análise da acessibilidade por transporte público coletivo no município de Campinas.** Monografia (Bacharel em Geografia) – Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2010.
- COSTA, A.; GARCIA, T.B. **Considerações sobre cálculo tarifário. Estudo de caso: Tucuruí – PA.** Trabalho de Conclusão de Curso – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal do Pará, Tucuruí, Pará, 2014.
- CRUZ, I.; CAMPOS, V.B.G. **Sistemas de informações geográficas aplicados à análise espacial em transportes, meio ambiente e ocupação do solo.** Artigo – Instituto Militar de Engenharia – IME. Rio de Janeiro 2005.
- FERRAZ, A. C. C. P.; TORRES, I. G. E. T. **Transporte Público Urbano.** RiMa, 2. ed. São Carlos, 2004.
- FERREIRA, P. R. **Metodologia para geração de mapas de transportes público urbano em ambiente de sistema de informações geográfica livre via web.** Dissertação (Mestre em Ciência) – Programas de pós-graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2007.
- FIPAI – FUNDAÇÃO PARA O INCREMENTO DA PESQUISA E DO APERFEIÇOAMENTO INDUSTRIAL. **Plano de racionalização do sistema de transporte de Araraquara.** São Paulo, 1987.
- GODINHO, J.M.; MIRANDA, L.M. **Aplicação de método de análise multicritério na escolha de traçado de linhas de ônibus de transporte público utilizando sistema de informação geográfica.** *Journal E&S - Engineering and Science*, v. 1, ed. 1, 2014.
- GOMIDE, A.A. **Transporte urbano e inclusão social: elementos para políticas públicas.** Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Brasília, 2003.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Desafios da mobilidade urbana no Brasil.** Brasília, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Cidades | Pará | Tucuruí.** Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=150810&search=||info%EF5es-completas>>. Acesso em: 18 maio 2016.

JUNIOR, A, B.; LIRA, W, S.; GONÇALVES, G, A, C. **A satisfação do cliente como base para a qualidade em serviços:** O Caso de um supermercado de pequeno porte. Artigo - Revista Eletrônica - ISSN 1677- 4280- Volume 3 – nº 1, 2004.

MBB – MERCEDEZ BENZ DO BRASIL S.A. **Sistema de transporte coletivo urbano por ônibus – planejamento e operação.** São Bernardo do Campo, 1987.

MONTEIRO, C. A. N. **Utilização de um sistema de informação geográfica no desenvolvimento do plano de deslocamentos urbanos da área metropolitana de Lisboa.** (Relatório de Estágio de Mestrado em Gestão do Território) – Faculdade de ciências sociais e humanas, Universidade de nova Lisboa. Lisboa, 2004.

PIANUCCI, M. N. **Análise da acessibilidade do sistema de transporte público urbano. Estudo de caso na cidade de São Carlos-SP.** (Dissertação Mestrado em Ciências) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.

PILON, J.A; XAVIER, A.A. P. **O emprego de micro-ônibus na melhoria da acessibilidade ao sistema municipal de transporte coletivo da cidade de Vitória- ES.** XXVI ENEGEP – Fortaleza, CE, Brasil, 2006.

PORTUGAL, L.S; CARDOSO, B.C. **Qualidade de serviço no setor de transportes sob a ótica da teoria dos topoi – o caso do metrô rio.** XXIV ANPET – Salvador, BA, Brasil, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TUCURUÍ. **Plano diretor do município de Tucuruí.** Disponível em: <<http://www.tucurui.pa.gov.br/>>. Acesso em: 20 maio 2016.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TUCURUÍ. **Plano Municipal de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário.** Disponível em: <[http://www.semmatuc.pa.gov.br/files/PMAE_Tucurui_PRELIMINAR_\(1\).pdf](http://www.semmatuc.pa.gov.br/files/PMAE_Tucurui_PRELIMINAR_(1).pdf)>. Acesso em 26 maio 2016.

ROCHA; G. R. **Análise de ferramentas computacionais para planejamento estratégico do uso do solo e transportes.** (Dissertação Mestrado em Ciências) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

RODRIGUES, M, O. **Avaliação da qualidade do transporte coletivo da cidade de São Carlos.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de transporte) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2006

SILVA, A. N. R. **Sistema de informações geográficas para planejamento de transporte.** (Título de livre docente) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1998.

SOUZA, G.; LEITE, A. **Análise da variação do tempo dedicado às viagens urbanas da população de manaus – AM, em Função do Modo de Transporte Utilizado**. Revista de Geografia e Ordenamento do Território, nº 1 (Junho). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território. p 85 – 102, 2012.

TRANSPORT FOR LONDON. **Measuring Public Transport Accessibility Levels**. Disponível em: <<http://data.london.gov.uk/dataset/public-transport-accessibility-levels/resource/86bbffe1-8af1-49ba-ac9b-b3eacaf68137#>>. Acesso em: 20 maio 2016.

APÊNDICE A

MAPAS DAS LINHAS DE ÔNIBUS COM ÁREAS DE ABRANGÊNCIA

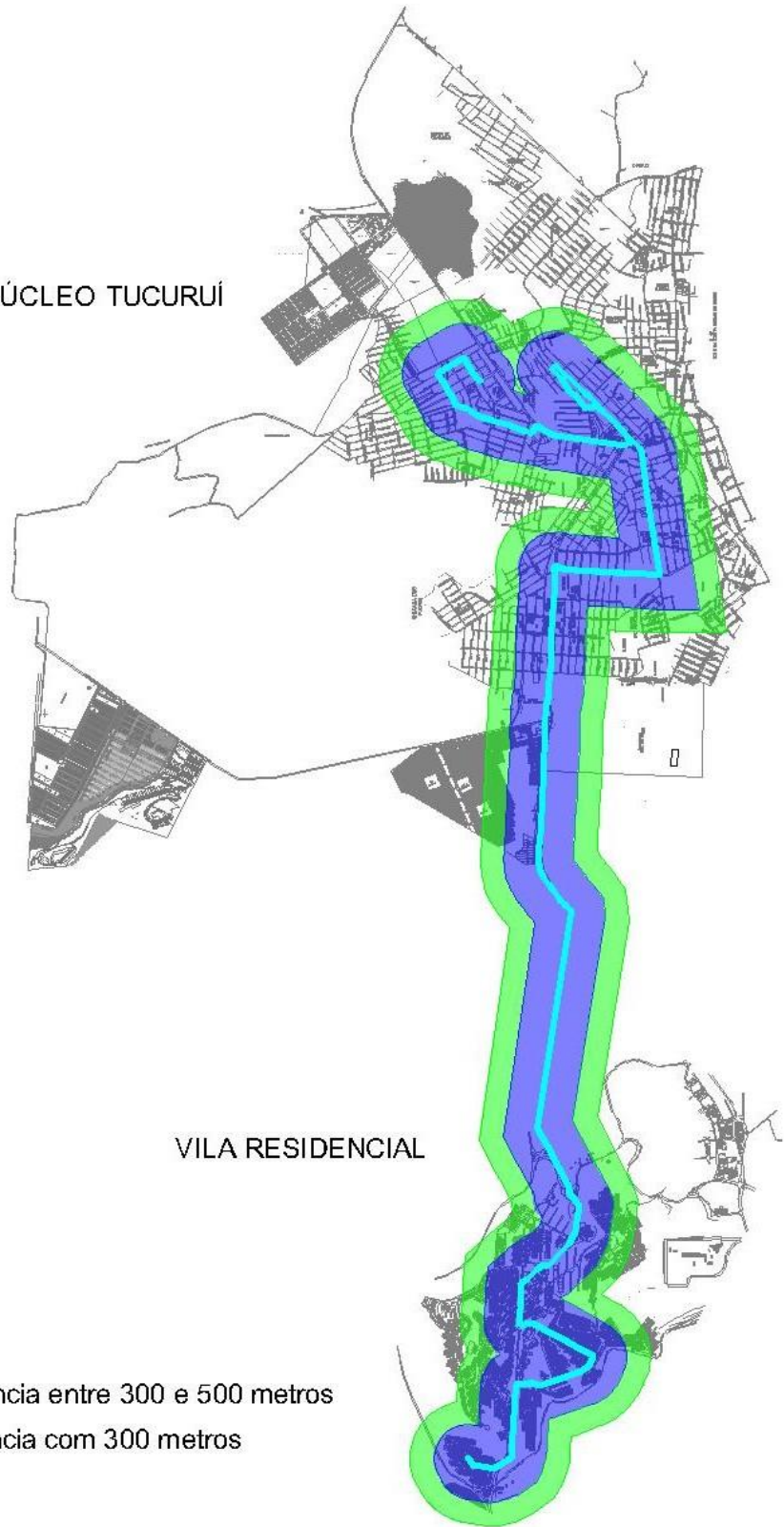
LINHA RAPIDINHO

NÚCLEO TUCURUI

VILA RESIDENCIAL

LEGENDA

- Área de abrangência entre 300 e 500 metros
- Área de abrangência com 300 metros
- Trajeto da linha



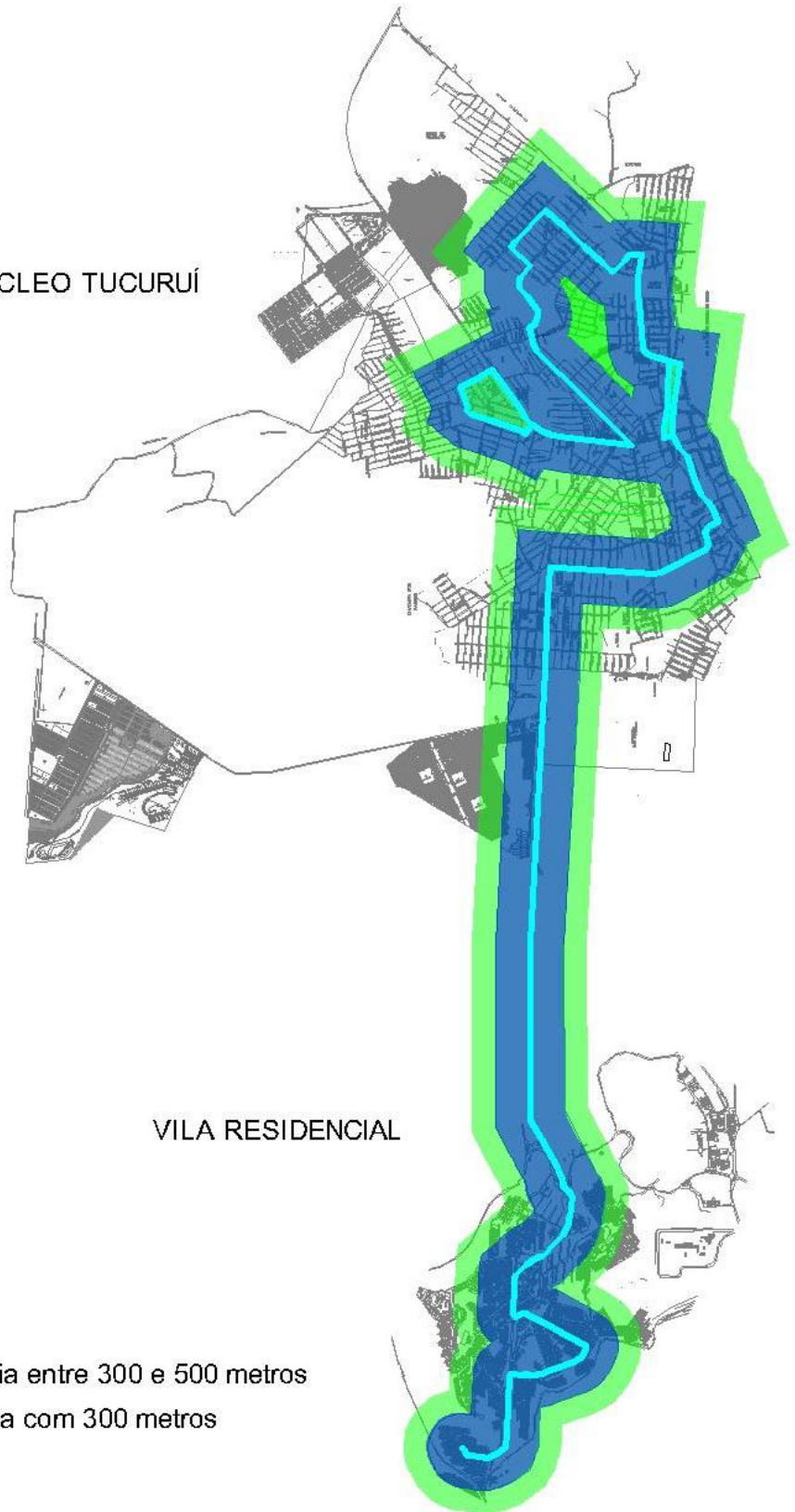
LINHA VILA/CIDADE

NÚCLEO TUCURUÍ

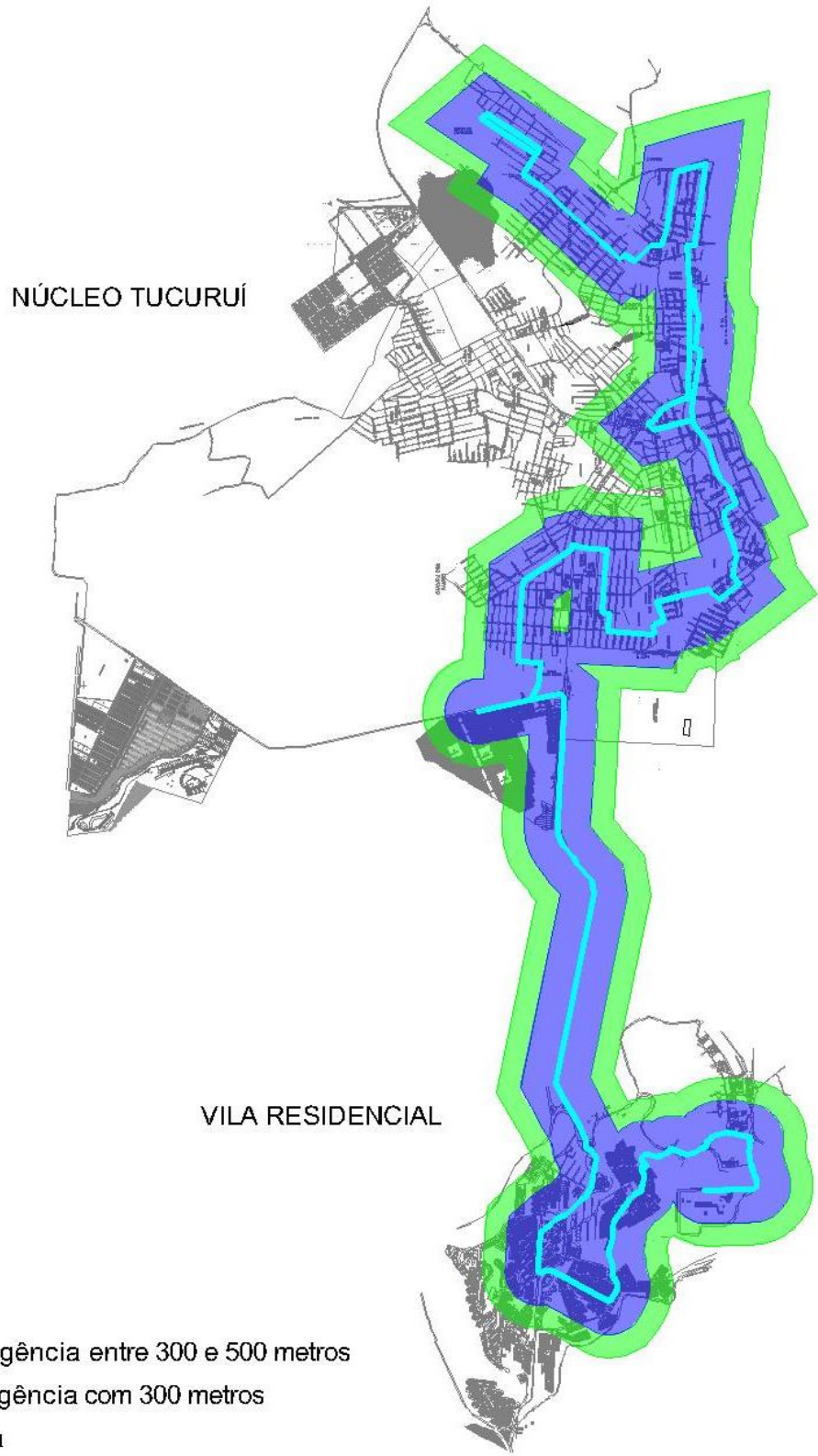
VILA RESIDENCIAL

LEGENDA

- Área de abrangência entre 300 e 500 metros
- Área de abrangência com 300 metros
- Trajeto da linha



LINHA ALOJAMENTO/CONQUISTA






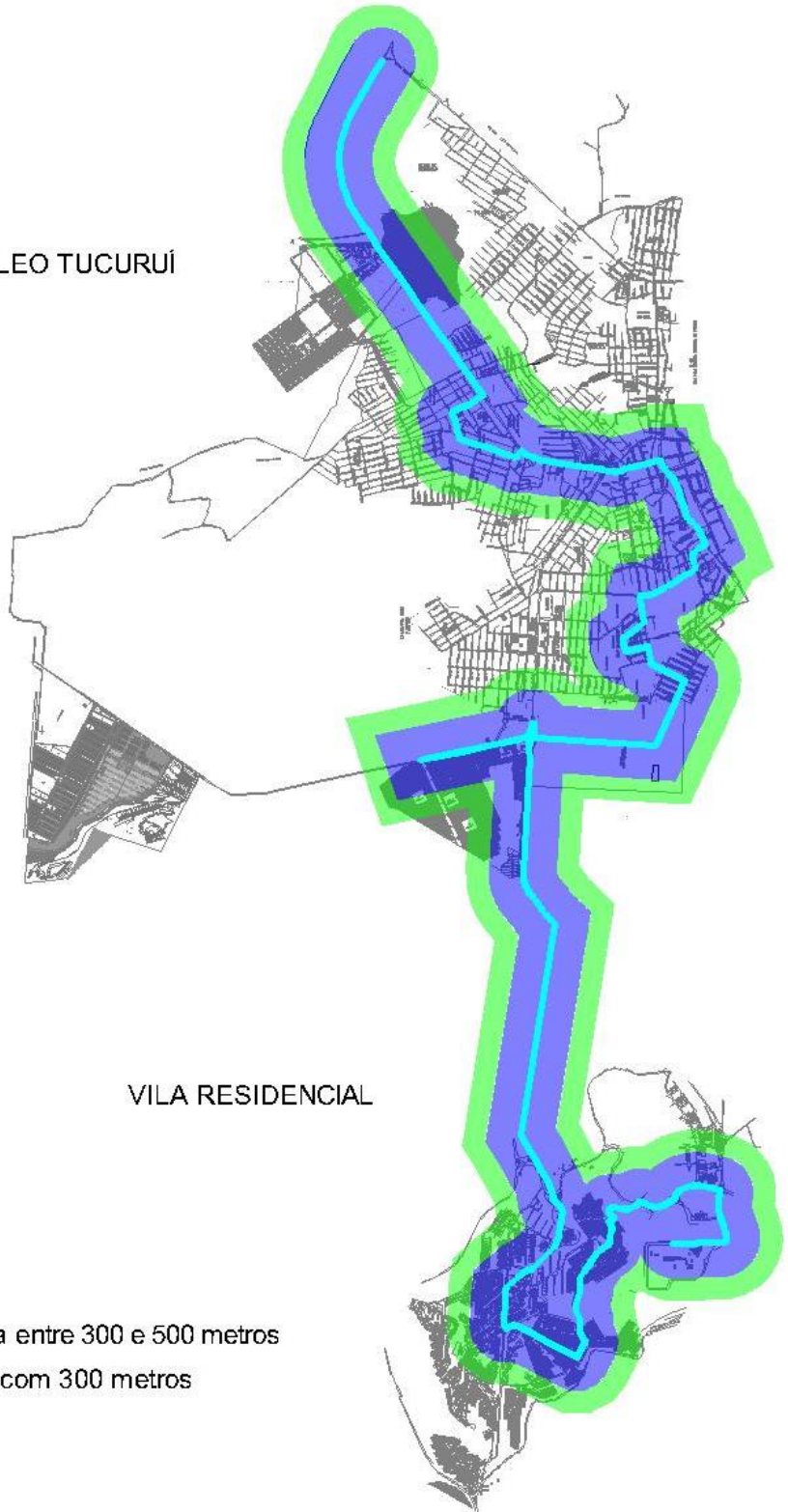
LINHA ALOJAMENTO/KM04

NÚCLEO TUCURUÍ

VILA RESIDENCIAL

LEGENDA

-  Área de abrangência entre 300 e 500 metros
-  Área de abrangência com 300 metros
-  Trajeto da linha



LINHA BREU BRANCO

NÚCLEO TUCURUÍ

VILA RESIDENCIAL

LEGENDA

- Área de abrangência entre 300 e 500 metros
- Área de abrangência com 300 metros
- Trajeto da linha

