



UEPB

UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E SOCIAIS APLICADAS
CAMPUS ANTÔNIO MARIZ – CAMPUS VII
COORDENAÇÃO DE COMPUTAÇÃO

ALBERTO MOISEIS SANTOS SILVA

**PROMOVENDO A ACESSIBILIDADE DE CADEIRANTES E PORTADORES DE
DIFICULDADES MOTORAS POR MEIO DE UMA APLICAÇÃO WEB**

Orientador: Prof. Amanda Rodrigues Sobral

Co-orientador: Prof. Me. Pablo Roberto Fernandes de Oliveira

PATOS – PB

2018

ALBERTO MOISEIS SANTOS SILVA

**PROMOVENDO A ACESSIBILIDADE DE CADEIRANTES E PORTADORES DE
DIFICULDADES MOTORAS POR MEIO DE UMA APLICAÇÃO WEB**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Computação da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharelado em Computação.

ORIENTADOR: Prof. Amanda Rodrigues Sobral.

COORIENTADOR: Prof. Me. Pablo Roberto.

PATOS-PB

2018

É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586p Silva, Alberto Moiseis Santos.
Promovendo a acessibilidade de cadeirantes e portadores de dificuldades motoras por meio de uma aplicação WEB [manuscrito] / Alberto Moiseis Santos Silva. - 2018.
62 p. : il. colorido.
Digitado.
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Computação) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas , 2018.
"Orientação : Profa. Esp. Amanda Rodrigues Sobral ,
Coordenação do Curso de Computação - CCEA."
"Coorientação: Prof. Me. Pablo Roberto Fernandes de Oliveira , Coordenação do Curso de Computação - CCEA."
1. Aplicação WEB. 2. Acessibilidade. 3. Engenharia de software. 4. Mapeamento. 5. Mobilidade urbana. I. Título
21. ed. CDD 006.6

Alberto Moiseis Santos Silva

Promovendo a acessibilidade de cadeirantes e portadores de dificuldades motoras por meio de uma Aplicação Web

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Bacharelado em Computação da Universidade Estadual da Paraíba, em cumprimento à exigência para obtenção do grau de Bacharel em Computação.

Aprovado em 27 de novembro de 2018

BANCA EXAMINADORA



Profª. Amanda Rodrigues Sobral
(Orientador)



Msc. Jucelio Soares dos Santos
(Examinador)



Dr. Wellington Candeia de Araújo
(Examinador)

Aos meus pais e a minha irmã,
os quais tanto amo, DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades ao decorrer dessa jornada, e me guiando a realizar minhas conquistas individuais.

Agradeço à minha mãe Maria das Graças, heroína, uma mulher excepcional que me deu apoio em todos os momentos, me incentivava em todas as horas difíceis.

Um agradecimento especial a minha orientadora Amanda Sobral, que além da excelente orientação neste trabalho, se tornou uma grande amiga, pelo apoio oferecido desde do início, demonstrando todo carinho e paciência. Obrigado também pelo espetinho!

Ao Co-orientador Prof. Me. Pablo Roberto por ter prestado Co orientação nesse trabalho, teve um papel muito importante no amadurecimento das ideias do desenvolvimento deste trabalho, por ter sido um excelente professor nesses anos.

Ao Dr. Wellington Candeia por ter sido um ótimo professor, pela sua amizade, sua atenção e dedicação como professor, pois teve um papel muito importante na formação dos alunos do Campus VII.

A minha namorada Rafaella Patrício, pelo apoio, atenção, amor e por ser paciente e companheira em todos os momentos.

Agradeço a minha irmã Albaneide Santos, pelo carinho, amizade e apoio nessa jornada.

Aos meus familiares que ajudaram e apoiaram a minha caminhada em toda a minha graduação.

A todos os meus amigos, que sempre me apoiaram e me ajudaram nessa caminhada.

Agradeço aos professores e funcionários da UEPB por me proporcionarem condições para o ensino e o aprendizado de qualidade que nos é ofertado.

Nossa vida é a soma dos resultados das escolhas que fazemos, consciente ou inconscientemente. Se somos capazes de controlar nosso processo de escolher, podemos controlar todos os aspectos de nossas vidas. Desfrutamos, então, da liberdade que vem do fato de estarmos em controle de nós mesmos.

“Robert F. Bennet”

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma aplicação web para cadeirantes ou pessoas com dificuldades de locomoção, cuja funcionalidade principal será calcular o menor caminho com acessibilidade entre o ponto de origem e o ponto de destino, previamente indicados pelo usuário. A proposta deste trabalho se justifica pela necessidade de auxiliar as pessoas anteriormente citadas a encontrar o menor caminho com acessibilidade (rampas) em seus deslocamentos nos pontos principais do centro da cidade de Patos – PB. Na primeira etapa deste trabalho foi realizado um estudo sobre os temas envolvendo caminhos acessíveis e algoritmos de menor caminho. Em seguida, utilizou-se processos de engenharia de software para implementação da aplicação, intitulada Patos Acessível, optando-se pelo modelo de desenvolvimento evolucionário com técnicas de prototipação. Na terceira etapa foi realizado um mapeamento em busca dos pontos com acessibilidade, gerando um trajeto acessível, usando como ferramenta a *API GoogleMaps*. A aplicação está em fase inicial, criada para abranger apenas uma área específica da cidade de Patos, o Centro.

Palavras-Chave: Aplicação WEB, Acessibilidade, Patos Acessível.

ABSTRACT

The aim of this work is to develop a web application for wheelchair users or people with mobility difficulties, whose main functionality consists in calculating the shortest accessibility path between the points of origin and destination, previously set by the user. The proposal of this work is justified by the need to help the aforementioned people to find the shortest accessible path (ramps) during their displacements in the main points of the centre of the city of Patos–PB. In the first stage of this work, a study was carried out on themes involving accessible paths and shortest path algorithm. Then, software engineering processes were applied to implement the application, entitled *Patos Acessível*, opting for the evolutionary development model with prototyping techniques. In the third step, a mapping was carried out searching for the accessibility points, generating an accessible path, using the *API GoogleMaps* as a tool. The application is in its initial phase, designed to cover only a specific area of Patos: the city center.

Keywords: WEB Application, Accessibility, Patos Acessível.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - de funções para análise de complexidade de algoritmo.-----	31
Quadro 2 - Requisitos Funcionais -----	34
Quadro 3 - Caso de Uso -----	36
Quadro 4 - Critérios de Inclusão e Exclusão dos algoritmos. -----	45
Quadro 5 - Pseudocódigo-----	46
Quadro 6 - Pseudocódigo-----	46

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cartograma – Percentual de pessoas com algum de tipo de deficiência investigada na população residente dos municípios – Brasil – 2010 -----	20
Figura 2: Representações de Vértices. -----	23
Figura 3: Representações das Arestas. -----	23
Figura 4: Outro tipo de ligação entre vértices. -----	23
Figura 5: Exemplo grafos. -----	24
Figura 6: Mapa do Rio Grande do Norte. -----	25
Figura 7: Ligação entre as cidades do Estado. -----	25
Figura 8: Grafo associado. -----	26
Figura 9: Caminho mais curto entre v e w. -----	27
Figura 10: Paradigma da Prototipação. -----	32
Figura 11: Fluxo de processos evolucionário. -----	33
Figura 12: Caso de Uso da Aplicação Patos Acessível. -----	36
Figura 13: Diagrama de classe do sistema com seus atributos e métodos, e seus respectivos relacionamentos. -----	38
Figura 14: Diagrama de Sequência Primeira etapa Sobre. -----	39
Figura 15: Diagrama de Sequência Rota do menor caminho. -----	40
Figura 16: Diagrama de Sequência Sugestão. -----	40
Figura 17: Diagrama de Sequência Contato. -----	41
Figura 18: Modelo arquitetural da Aplicação Patos Acessível -----	42
Figura 19: Mapeamento dos pontos acessíveis no Centro de Patos-Paraíba. -----	43
Figura 20: Grafo do Mapeamento dos pontos acessíveis no Centro de Patos-Paraíba. -----	44
Figura 21: Tela de Rotas, Resultado. -----	49
Figura 22: Resultado do Primeiro trajeto percorrido no centro da cidade. -----	49
Figura 23: Resultado do Segundo trajeto percorrido no centro da cidade. -----	50
Figura 24: Resultado do Terceiro trajeto percorrido no centro da cidade. -----	51

SIGLAS

ABNT	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS
CSS	CASCADING STYLE SHEETS
HTML	HYPertext MARKUP LANGUAGE
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
JS	JAVASCRIPT
PHP	HYPertext PREPROCESSOR
OMS	ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE
UML	UNIFIED MODELING LANGUAGE

Sumário

1.INTRODUÇÃO -----	14
1.1.PROBLEMA	15
1.2.OBJETIVOS -----	15
1.2.1.Objetivo Geral	15
1.2.2.Objetivos Específicos	15
1.3.JUSTIFICATIVA -----	16
1.4.METODOLOGIA-----	16
1.5.TRABALHOS RELACIONADOS	18
1.6.STRUTURA DO TRABALHO	18
2.REFERENCIAL TEÓRICO -----	18
2.1.DEFICIÊNCIA.....	19
2.2.ACESSIBILIDADE	20
2.3.TEORIA DOS GRAFOS	22
2.3.1.Conceitos Básicos	22
2.3.2.Definição de um Grafo.....	22
2.4.PROBLEMA DO MENOR CAMINHO	26
2.4.1.ALGORITMO DE DIJKSTRA.....	28
2.4.2.ALGORITMO DE FLOYD-WARSHALL	28
2.4.3.ALGORITMO DE JOHNSON	29
2.4.4.ALGORITMO DE BELLMAN-FORD	29
2.4.5.ALGORITMO A*	30
2.4.6.ANÁLISE DE COMPLEXIDADE	30
3.DESCRICÃO DA APLICAÇÃO -----	31
3.1.MODELO DE PROCESSO UTILIZADO NO DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE.....	32
3.2.COMUNICAÇÃO	34
3.3.MODELAGEM.....	36
3.3.1.Diagrama de Caso de Uso	36
3.3.2.Diagrama de Classes -----	37
3.3.4. Modelo Arquitetural -----	41
4.RESULTADOS E DISCUSSÕES -----	43
4.1.MAPEAMENTOS DOS PONTOS ACESSÍVEIS	43
4.2.ESCOLHA DAS FERRAMENTAS E MÉTODO APLICAÇÃO	44
4.3.DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO	46
4.4.AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO.....	49
4.4.1 Usabilidade da aplicação.....	49
4.4.2. Entrevista.....	51
5.CONCLUSÃO -----	55
5.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	55
REFERÊNCIAS -----	56
APÊNDICE-A	60

1. INTRODUÇÃO

Dentre os aspectos que envolvem o mundo na atualidade, a tecnologia e seus avanços talvez sejam os que mais se destacam, pois, a velocidade com que se transformam, assim como as necessidades que o homem vem criando em torno dela, tem-se tornado indispensáveis no dia a dia das pessoas como um instrumento de transmissão do conhecimento.

Pensando em recursos computacionais e tecnológicos, todos os dias são criadas novas ferramentas como *tablets*, *notebooks*, celulares, entre outras ferramentas. De acordo com o IBGE (2018), 94,6% das pessoas que acessaram a Internet em 2016 o fizeram pelo telefone celular, *notebooks*, *tablets* e microcomputadores.

Em relação à Internet, os usuários apresentam facilidade para acessar informações, utilizar aplicações ou acessar *websites*. Por isto, a Internet pode se transformar em uma oportunidade para a comunidade, em especial para as pessoas com deficiência ou com dificuldade de locomoção, de utilizá-la como auxílio em diversas situações. Um exemplo seria guiar pessoas com dificuldade de locomoção nas ruas, exibindo os pontos acessíveis de determinados locais, oferecendo acessibilidade durante o caminho percorrido (BIANCHI, 2014).

Constata-se que pessoas com deficiência enfrentam no cotidiano inúmeras dificuldades sociais, econômicas, entre outras, que dificultam, ou até mesmo impossibilitam seus acessos aos locais desejados. De acordo com a Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000,

“devem ser estabelecidas normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, mediante a supressão de barreiras e de obstáculos nas vias e espaços públicos, no mobiliário urbano, na construção e reforma de edifícios e nos meios de transporte e de comunicação” (BRASIL, 2000).

Desta forma, uma vez promovida a acessibilidade se faz necessário que o público necessitado desta acessibilidade conheça os meios e locais acessíveis a ele, por tanto é pertinente que se pense em meios de promover esse conhecimento.

1.1. PROBLEMA

Acessibilidade é a possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento, para utilização com segurança e autonomia, de edificações, espaços urbanos e privados, mobiliários, comunicação, equipamento urbano ou elemento cujas características possam ser alteradas para que se torne acessível (ABNT-NBR 9050, 2004).

O acesso aos meios citados anteriormente é uma das formas de inclusão de pessoas portadoras de deficiência em nossa sociedade, proporcionando uma melhor qualidade de vida. Atualmente é possível detectar em diversas áreas de conhecimento, como Urbanismo, Arquitetura, Computação entre outras, o interesse em conectar a necessidade de adaptação de pessoas em determinados locais ou meios sociais de comunicação através da tecnologia atual e seus recursos.

O problema do presente trabalho se baseia na dificuldade encontrada no dia a dia das pessoas com deficiência ou dificuldade de locomoção (cadeirante), ao se deslocar nas calçadas do centro de Patos por meio de caminhos que possuam rampas acessíveis. Para realizar esse deslocamento é necessário não apenas que existam rampas, mas também que o cadeirante conheça esses pontos de acesso e consigam fazer um percurso mais eficiente, o que, para eles, se trataria da menor rota.

1.2. OBJETIVOS

Objetivo geral se refere à finalidade principal de realização deste trabalho. Os objetivos específicos complementam o objetivo geral.

1.2.1. Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral ver o algoritmo de Bellman-Ford no desenvolvimento da aplicação Web Patos Acessível, fornecendo aos usuários informações precisas sobre o menor caminho acessível em seu deslocamento do ponto de origem ao ponto de destino final.

1.2.2. Objetivos Específicos

Para alcançar o objetivo geral desta pesquisa, serão necessários atingir os seguintes objetivos específicos.

- Identificar pontos principais da cidade de Patos – Paraíba;
- Realizar mapeamento de rotas acessíveis dos pontos identificados;
- Promover por meio do acompanhamento da localização do caminho a ser percorrido através da visualização no *GoogleMaps* por dispositivos móveis;
- Utilizar a aplicação na perspectiva de aceitação do usuário.

1.3. JUSTIFICATIVA

As condições ofertadas para o deslocamento de pessoas com deficiência física ou com dificuldades de locomoção nas ruas do centro da cidade de Patos, consistem basicamente em rampas de acesso que facilitam a mobilidade daqueles que dependem das vias para realizarem as suas atividades rotineiras.

Há ainda, a necessidade de ações que possam trazer benefícios e melhorias no desempenho de acessibilidade em espaços públicos e privados, possibilitando que pessoas com dificuldades de locomoção a realizem suas tarefas diárias sem tantas restrições no deslocamento entre os locais do centro da cidade e da forma mais eficiente, em termos de tempo.

Este trabalho se justifica por se tratar da busca por maneiras de proporcionar melhorias e diminuir as distâncias para que os portadores de necessidade especiais possam exercer mais adequadamente seu direito constitucional de ir e vir, com o uso de uma tecnologia que possa auxiliar a se adequarem e usufruírem da melhor forma possível dos espaços públicos urbanos e privados.

1.4. METODOLOGIA

Mediante o tema e o problema proposto pelo trabalho e visando alcançar os objetivos estabelecidos, foi realizada uma pesquisa bibliográfica e utilizou-se o método de estudo de caso. Esta pesquisa também se caracteriza como uma pesquisa aplicada em que se busca a aplicação prática de conhecimentos para a solução de problemas específicos, tendo em vista o desenvolvimento de uma aplicação web.

As etapas do desenvolvimento do trabalho estão divididas em:

1) **Em relação ao procedimento técnico:** foi realizada uma revisão bibliográfica relacionada a esta pesquisa, com interesse nos temas envolvendo acessibilidade de pessoas com deficiência física e conceitos tecnológicos na área de computação e que servissem para propor uma solução para o problema em questão. Essa revisão foi constituída basicamente de artigos científicos, livros, monografias, dissertações, teses. A pesquisa bibliográfica foi desenvolvida a partir de material já elaborado, constituídos principalmente de livros e artigos científicos, pois, a principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao pesquisador obter conhecimento mais amplo sobre o tema abordado no trabalho (GIL, 2007).

2) **Mapeamento dos pontos acessíveis:** a planta do bairro do centro de Patos foi obtida através da utilização da ferramenta do *GoogleMaps*. Em seguida, foi realizado o mapeamento dos principais pontos de partida/chegada da aplicação, por exemplo: lojas, supermercados, lotéricas, agências bancárias, fóruns, vias principais, farmácias, centros hospitalares, escolas, igrejas, locais de lanche entre outros. Por fim, fez-se o mapeamento do bairro Centro de Patos indicando os caminhos acessíveis, ou seja, com rampas, de acordo com os pontos de partida/chegada já coletados. Utilizou-se o *GoogleMaps* para identificação das coordenadas (longitude e latitude) dos dados a serem tratados na implementação de algoritmo de *Bellman-Ford*.

3) **Escolha do algoritmo para encontrar a melhor rota:** Nesta etapa, inicialmente, foi realizado um levantamento bibliográfico para investigar quais os algoritmos podem ser implementados na solução do problema em estudo. Com base neste levantamento, foram estabelecidos os critérios de inclusão que são: menor custo do algoritmo, possibilidade do uso do algoritmo com ciclos negativos e positivos, e que apresentasse como resultado a menor rota.

4) **Implementação da metodologia para implementação da aplicação Patos Acessível:** Utilização do modelo de desenvolvimento evolucionário, com técnica de prototipação.

5) **O estudo de caso:** Consiste em coletar e analisar informações sobre o presente trabalho, com uso da Entrevista com uma pessoa que possua deficiência física ou dificuldade de locomoção no centro de Patos - Paraíba. Nesta etapa o portador da deficiência fez uso da aplicação web em seguida foi entrevistado. O estudo de caso refere-se ao estudo minucioso e profundo de um ou mais objetos (YIN, 2001). Pode permitir novas descobertas de aspectos que não foram previstos inicialmente.

1.5. TRABALHOS RELACIONADOS

Existem diversas iniciativas de aplicações, tanto web como mobile, que permitem desde o compartilhamento de informações sobre a acessibilidade de locais específicos até a exibição de trajetos com acessibilidade. Um aplicativo móvel foi desenvolvido na Universidade de Rio Grande do Norte – Mossoró, com objetivo indicar os caminhos mais acessíveis como rampas e locais com condições adequadas para locomoção, exibindo o menor caminho e com informações do trajeto a ser percorrido, indicando previamente o ponto de origem e destino (OLIVEIRA; BORGES; BARBALHO; LEITE, 2016). Essa aplicação é destinada a auxiliar pessoas que possuem algum tipo de deficiência física ou dificuldade de locomoção no Campus central da UERN.

1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho apresenta 5 (cinco) capítulos e está organizado da seguinte maneira:

- O Capítulo 1 apresenta uma visão geral sobre a contextualização do problema, objetivos, justificativa do trabalho, sua metodologia, trabalho relacionado;
- O Capítulo 2 apresenta os temas trabalhados na pesquisa;
- O Capítulo 3 contém a descrição da aplicação Patos Acessível;
- O Capítulo 4 apresenta os resultados e discussões;
- O Capítulo 5 apresenta a conclusão e as sugestões para modificações futuras.

No término, encontram-se as referências e apêndices, mencionados no decorrer do desenvolvimento do trabalho.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados conceitos essenciais, utilizados para o desenvolvimento dessa pesquisa. Também são dispostos conceitos importantes para a melhor compreensão sobre o estudo.

2.1. DEFICIÊNCIA

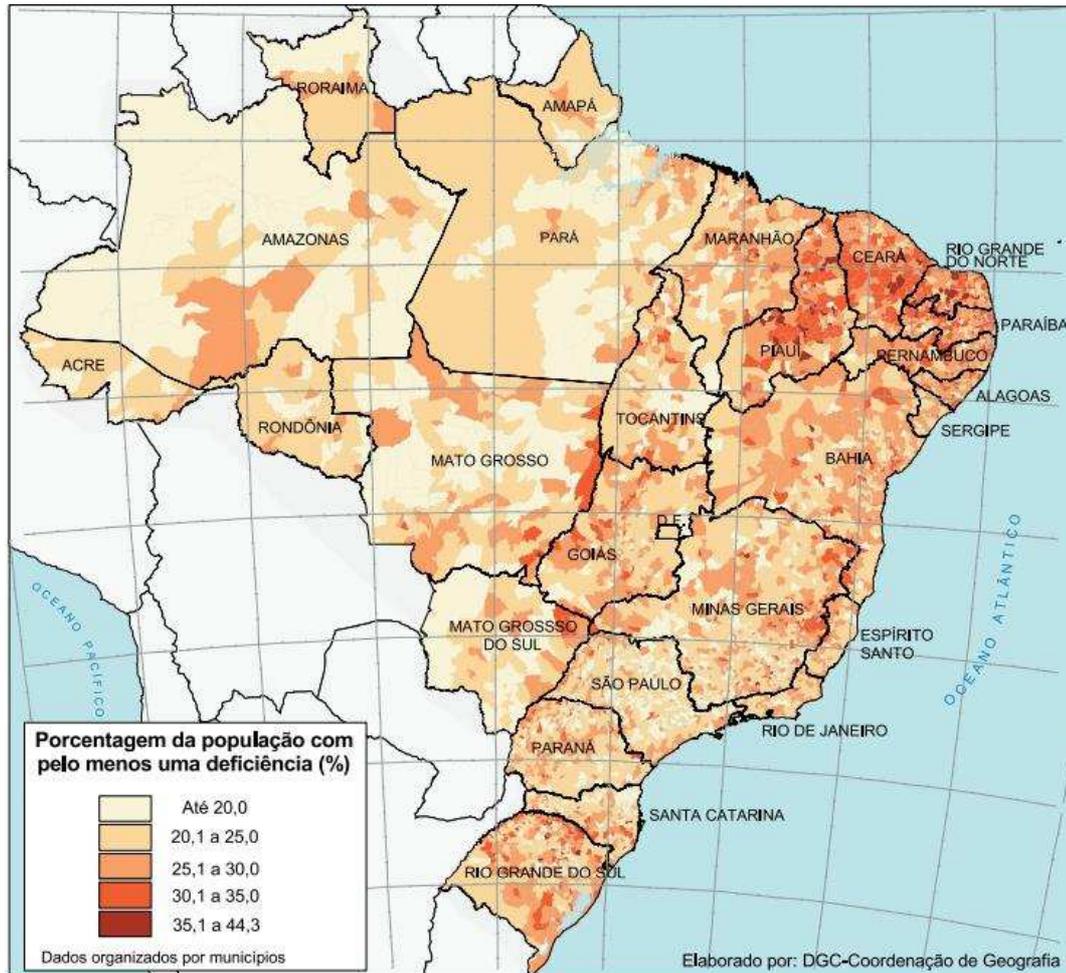
Deficiência trata-se de ser uma perda ou anormalidade de estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica, temporária ou permanente (IBGE, 2010).

No mundo, estima-se que cerca de 1 bilhão de pessoas vivem com algum tipo de deficiência. Nesse contexto há a necessidade de buscar soluções para inclusão dessas pessoas na sociedade para proporcionando melhorias na vida dessas pessoas (OMS, 2011).

Dados do instituto IBGE (2010) indicam que 45 milhões de pessoas declaram possuir algum tipo de deficiência no Brasil, esse total representa 23,9% de brasileiros residentes no país que possuem ao menos uma das seguintes deficiências: visual (18,6%), auditiva (5,10%), motora (7%) e intelectual (1,4%).

A Região Nordeste concentra os municípios com os maiores percentuais da população com pelo menos uma das deficiências investigadas, conforme ilustra o Cartograma representado na Figura 1.

Figura 1: Cartograma – Percentual de pessoas com algum de tipo de deficiência investigada na população residente dos municípios – Brasil – 2010



Fonte: IBGE, Censo Demográfico, (2010)

Na Paraíba, os cinco municípios com maior percentual de pessoas com deficiência são João Pessoa (11.005), Campina Grande (5.265), Santa Rita (2.290), Bayeux (2.131) e Patos (1.609) (IBGE,2010).

Pessoas com algum tipo de deficiência enfrentam inúmeras dificuldades no dia-a-dia, como dificuldades sociais, econômicas, físicas, arquitetônicas que estão presentes em áreas locais, ambientes públicos, privados, ambientes de trabalho, lazer entre outros.

2.2. ACESSIBILIDADE

A acessibilidade é um dos fundamentos principais para proporcionar qualidade de vida e o pleno exercício da cidadania das pessoas portadoras de deficiência, em especial pessoas com deficiência física ou que possuam dificuldades de locomoção. No entanto, mesmo com regulamentos e leis que determinam quebras de barreiras

arquitetônicas e urbanas, a acessibilidade nos espaços em geral ainda possui barreiras a serem superadas.

Segundo Rabelo (2008), acessibilidade pode ser considerada como a possibilidade de qualquer pessoa, quaisquer que sejam suas condições mentais ou físicas, chegar a algum lugar ou utilizar informações, serviços, bem como o espaço urbano, com autonomia e segurança, tanto para o trabalho, quanto para a saúde ou para a educação, que se constituem nos direitos básicos da cidadania.

Neste contexto, muitas pessoas que possuem deficiência encontram dificuldade de locomoção nas vias, nos espaços urbanos e privados, e, no acesso aos meios de transportes. Um dos maiores desafios são os deslocamentos em locais onde a pessoa portadora de necessidades especiais não sabem ao certo se há a existência de acessibilidade, uma vez que, toda construção, ampliação ou reforma de edifícios públicos ou privados designados ao uso comum deverão ser executadas de forma que sejam ou se tornem acessíveis aos portadores de necessidades especiais (BRASIL, 2000).

O Decreto N°5.296 de 02 de dezembro de 2004, regulamenta as leis N°10.048 e N°10.098 do ano 2000, que dão prioridade de atendimento às pessoas específicas, estabelecendo normas gerais e critérios básicos para a promoção de acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida.

A falta de atenção por parte o Poder Público nos planejamentos urbanos das cidades dificulta o cotidiano das pessoas com deficiência física a realizarem suas atividades cotidianas. Uma das dificuldades que resultam na exclusão dessas pessoas é a falta de acessibilidade nos espaços públicos, mobiliários, edificações, praças, ruas e calçadas, expondo-as a riscos de acidentes, e gerando a necessidade de terceiros para prestar auxílio (BITTENCOURT; SOUSA; MIRANDA, 2008).

Parte das cidades brasileiras teve suas estruturas urbanas modificadas para atender pessoas com deficiência física ou dificuldade de locomoção, considerada como padrão. A ABNT (2015) expressa que no planejamento e na urbanização dos espaços de deslocamentos das pessoas com necessidades especiais deverão ser cumpridas exigências nas normas técnicas de acessibilidade, que são: a construção de calçadas para circulação de pessoas, adaptar espaços para atender os pedestres e rebaixamento de calçadas com rampas acessíveis para travessias de pedestre.

Com base nas leis e normas que discorrem sobre o respectivo tema, uma rota acessível é um trajeto sem barreiras arquitetônicas que possam impossibilitar os

cadeirantes de se locomover entre os espaços públicos, edificações, condomínios, conjuntos habitacionais, estacionamentos, passarelas. Estes espaços devem estar conectados gerando um caminho acessível, principalmente em calçadas e ruas com rampas acessíveis, proporcionando ao cadeirante ou a pessoas com mobilidade reduzida uma melhor qualidade de vida (ABNT, 2015).

2.3. TEORIA DOS GRAFOS

A Teoria dos Grafos trata das relações existentes entre os elementos de um ou mais conjuntos. Esta teoria é utilizada como solução de muitos problemas que tratam do relacionamento de elementos de um conjunto e problemas em áreas distintas como, por exemplo: redes, computação, engenharia, elétrica, que podem ser auxiliados com o estudo sobre grafos (PEREIRA, 1999).

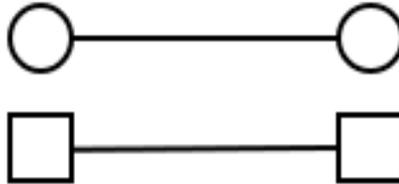
2.3.1 Conceitos Básicos

Para uma compreensão do trabalho apresentado serão abordados conceitos da Teoria dos Grafos de forma a compreender a estrutura básica de um grafo e com o objetivo de atingir o entendimento dos algoritmos que serão apresentados posteriormente.

2.3.2. Definição de um Grafo

Grafos são uma coleção de vértices e arestas, ou conjuntos de nós e as relações de que os conectam, e são modelados em vários cenários reais como redes sociais, pavimentação, redes, rede de transportes, malha marítima e outros (SANTOS, 2006).

Um grafo é uma estrutura de abstração bastante útil na representação e solução de diversos tipos de problemas reais. A modelagem e os elementos do conjunto de vértices (ou nós) são ilustrados como círculos na Figura 2. As relações entre os elementos do grafo (o conjunto de vértices), representadas nas Figuras 2, 3 e 4, são caracterizadas por traços e setas que ligam os nós e são denominadas de arestas ou arcos (MARCOS; ELIZABETH, 2002).

Figura 2: Representações de Vértices.**Figura:** Autoria Própria.**Figura 3:** Representações das Arestas.**Figura 03:** Autoria Própria.**Figura 4:** Outro tipo de ligação entre vértices.**Figura:** Autoria Própria.

Alvarez (2013), afirma que grafos podem ser considerados uma representação abstrata de uma rede, em que os conceitos de distância, localização, orientação, forma e comprimento são substituídos por propriedades topológicas, como: acessibilidade, adjacência, centralidade, ligação e conectividade, e, a partir das quais, mediante algoritmos e o cálculo de matrizes, é possível estudar os seus componentes (vértices e arestas) ou estudar a rede como um todo.

Um grafo $G(V, E)$ é um conjunto finito não vazio V e um conjunto E de pares não ordenados de elementos distintos de V . Os elementos de V são os vértices e os de E são as arestas de G respectivamente.

A Figura 5 está representando um grafo $V = \{1,2,3,4,5,6\}$ e $E = \{(1,2), (3,2), (2,2), (1,5), (6,1), (5,2)\}$;

Figura 5: Exemplo grafos.

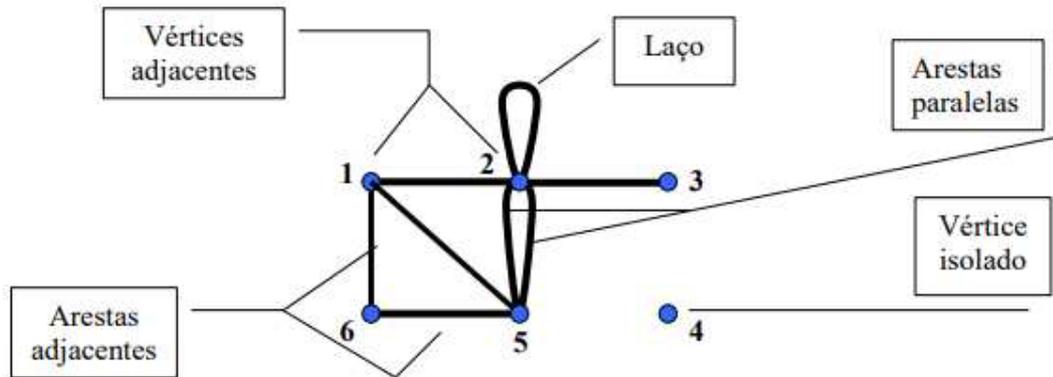


Figura: Autor (Pereira).

- **Vértices adjacentes** é quando possuem conexão com outro vértice;
- Duas **arestas** são adjacentes se elas têm ao menos um vértice em comum;
- **Vértices isolados** são qualquer vértice de grau;
- **Laço** é uma aresta que une um par de vértices idênticos;
- **Arestas** são paralelas quando existe mais de uma aresta entre o mesmo par de vértices;

Como exemplo segue a formação de um grafo a partir de um mapa rodoviário considerando as cidades do Rio Grande Norte e as estradas existentes entre elas.

A Figura 6 representa formação de um grafo a partir das informações do mapa do Rio Grande do Norte, o Grafo possui o conjunto de elementos N , constituído pelas principais cidades representadas no mapa (pontos pretos).

Figura 6: Mapa do Rio Grande do Norte.



Figura:(MARCOS; ELIZABETH, 2002).

A partir do mapa, pode-se constituir um grafo associando um vértice a cada cidade e uma aresta a cada estrada de ligação, como mostram as Figuras (7,8).

Figura 7: Ligação entre as cidades do Estado.

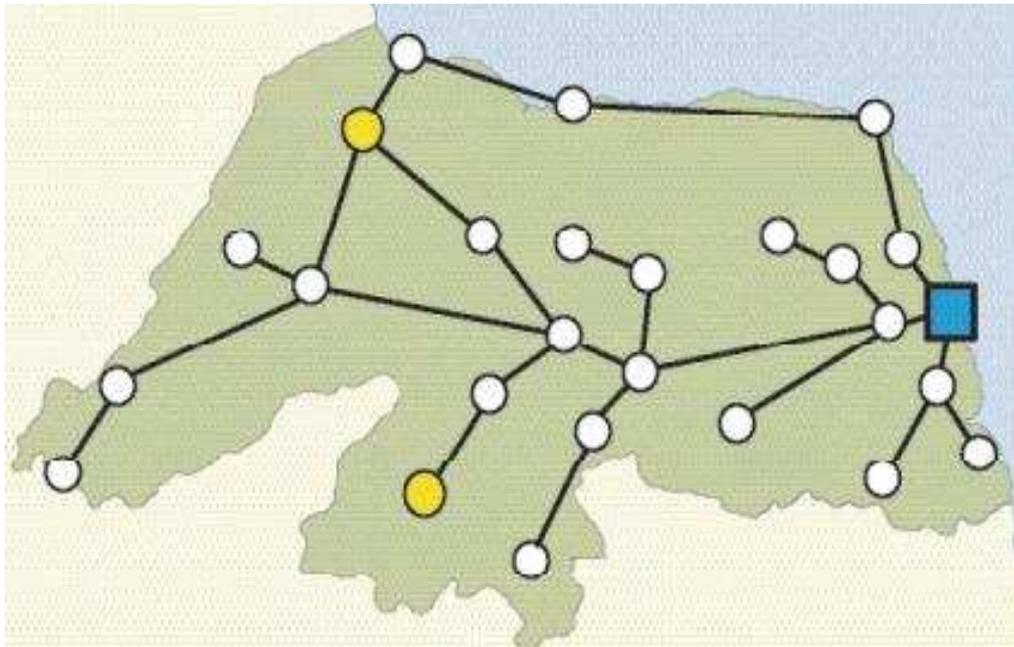


Figura: (MARCOS; ELIZABETH, 2002).

Figura 8: Grafo associado.



Figura:(MARCOS; ELIZABETH, 2002).

De acordo com as Figuras 6,7 e 8 foi modelado um grafo a parti do mapa do Rio Grande do Norte, com as seguintes informações as cidades consideradas principais são representadas por vértices ou nós, as estragas que as conecta são representadas por arestas.

2.4. PROBLEMA DO MENOR CAMINHO

O problema do menor caminho entre dois determinados nós ou pontos, consiste em encontrar o caminho de menor custo entre dois nós de um grafo, de acordo com o somatório do número de arestas percorridas.

Esse problema se apresenta em diversas situações, por exemplo o sistema de entrega de produtos – diante de um determinado percurso a ser percorrido o entregador precisa encontrar o caminho menor ou mais eficiente para passar entre os pontos realizando entregas. Para tratar o problema citado, podemos empregar recursos computacionais que possam gerar soluções. A partir da utilização de algoritmos com aplicação na área de grafos abstraído para o problema real como um grafo, em que os nós do grafo seriam os pontos de entrega e as arestas seriam as ruas a serem percorridas. O seu custo corresponderia ao tempo de trajeto ou a distância percorrida que o entregador realizaria para finalizar as entregas.

Szwarcfiter e Markenzon (1994) definem algoritmo como *os passos ordenados para a resolução de um problema*. O desenvolvimento do algoritmo é particularmente

importante para questões a serem solucionadas em um computador, pela própria natureza da ferramenta utilizada.

O caminho mais curto entre os vértices v e w de um grafo G corresponde ao menor número de arestas entres os vértices selecionados, para a ponderada soma dos seus pesos, e, com o menor valor possível. Os grafos possuem diversas variantes, caracterizando os problemas de otimização e são NP, ou seja, problemas que possuem tempo de execução de grandeza polinomial.

A Figura 9 representa o caminho mais curto entres os pontos V e W , passando por as arestas.

Figura 9: Caminho mais curto entre v e w .

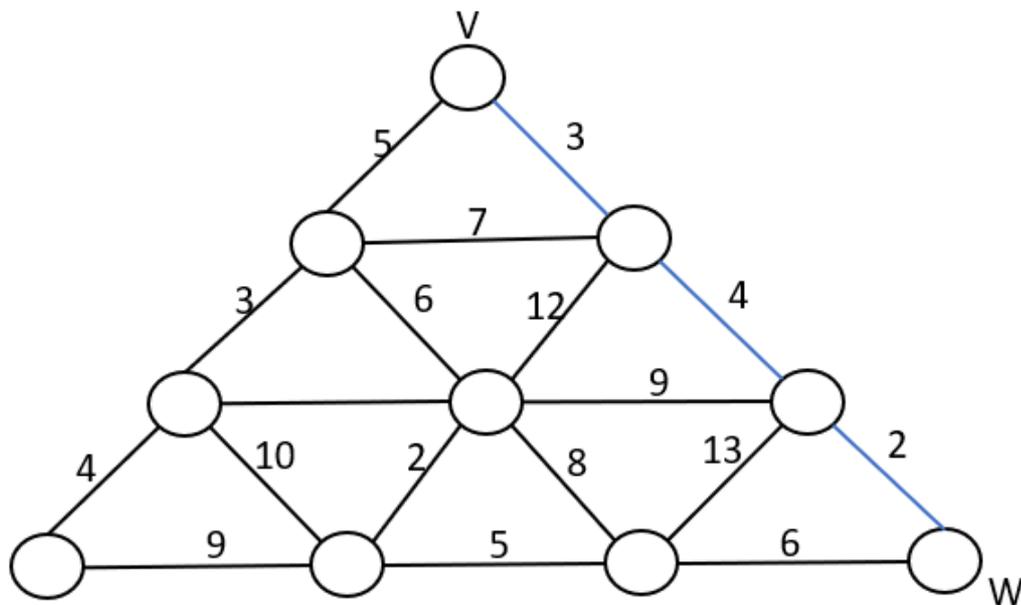


Figura: Autoria Própria.

No contexto discutido acima, para determinar a melhor rota, existem muitas condições a ser levadas em consideração como: o tempo do percurso total, a distância percorrida, e o gasto do caminho. O que implica que o cálculo do menor caminho necessita de aplicações práticas de um algoritmo para o planejamento de rotas e tempo de viagens e a programação de caminhos críticos.

Muitos algoritmos podem ser utilizados para resolver o menor caminho, alguns deles apontados por Mendez (2008) são: o algoritmo de Bellman-Ford, algoritmo de Johnson, algoritmo de Floyd-Warshall, algoritmo de Dijkstra e o algoritmo A^* .

Glover et al. (1985) mencionam as seguintes aplicações práticas dos algoritmos para o cálculo do menor caminho: substituição de equipamento,

planejamento de rotas e tempo de viagens, roteamento e programação de veículos, planejamento de capacidade, desenho e/ou expansão de redes de transporte e comunicação, e programação de caminhos críticos.

Os algoritmos de busca citados anteriormente são utilizados para resolver problemas de emparelhamento, problemas de fluxo de custo mínimo e problemas de atribuição (Hung; Divoky, 1990).

2.4.1. ALGORITMO DE DIJKSTRA

O algoritmo de Dijkstra é muito utilizado no cálculo do caminho de custo mínimo entre os vértices de um grafo. Ele funciona escolhendo um vértice como raiz de uma busca menor e deste vértice para todos os demais vértices do grafo. Além disso, possui as vantagens de funcionar em grafos orientados, conhecidos como dígrafo, e não orientados. Em seu funcionamento não é admitido ter pesos não negativos ou nulos em questões envolvendo recursividade. Em alguns outros casos, o algoritmo de Dijkstra pode ser usado com condições de ciclos negativos, porém seu resultado não é obtido com exatidão.

Segundo Gross (2006), esse algoritmo foi desenvolvido para encontrar um caminho mais curto a partir de um vértice (nó) de origem do grafo, para cada um dos vértices do grafo, produzindo uma árvore de caminhos mais curtos. Porém ele pode ser utilizado para apenas encontrar um caminho mais curto entre um nó origem e um destino (para alocar rotas). Para a utilização do mesmo é necessário que os pesos dos enlaces não tenham valores negativos e que o grafo conectado não possua laços.

A aplicação do Dijkstra possui tempo de execução de $O(n^2)$ e exige que os pesos das arestas sejam positivos. Conhecido por ser um algoritmo classificado como guloso, devido à escolha do próximo nó ser de acordo com o menor valor da aresta ao nó, nem sempre seu resultado é ótimo. No caso da aplicação desejada, o caminho mínimo, nem sempre será o resultado retornado (UCHOA, 2012).

2.4.2. ALGORITMO DE FLOYD-WARSHALL

O algoritmo de Floyd-Warshall foi desenvolvido na forma como o conhecemos hoje por Robert Floyd (1962), mas anteriormente foi publicado em outra forma por Bernard Roy (1959) e por Stephen Warshall (1962) (MARCOS; ELIZABETH, 2002).

Ele funciona encontrando caminhos de custo mínimo entre pares (I e J) de vértices indicados no grafo, utilizando o conceito do vértice intermediário. Tem como funcionalidade guardar as trajetórias do caminho mínimo para cada iteração de I e J apresentando as matrizes finais de distância. Outra característica é que o algoritmo não aceita realizar ciclos com pesos negativos e arestas negativas por técnicas de programação dinâmica. Em relação à complexidade, o algoritmo de Floyd - Warshall possui complexidade, no pior caso, de $O(N^3)$ (MARCOS; ELIZABETH, 2002).

2.4.3. ALGORITMO DE JOHNSON

O algoritmo, proposto por Donald B. Johnson em 1977, determina os caminhos mais curtos entre pares de vértice do grafo, seu funcionamento aceita grafos direcionados, ponderados e com pesos negativos, mas descarta qualquer ciclo de repetição com pesos negativos. Diante de um ciclo que possua pesos negativos o algoritmo vai examinar o próximo ciclo durante o tempo de execução.

A complexidade do algoritmo B. Johnson, de acordo com laços de repetição e com uso de operações de atribuição, tem como custo final $O(n^2 \log n + n m)$ (MARCOS; ELIZABETH, 2002).

2.4.4. ALGORITMO DE BELLMAN-FORD

O algoritmo de Bellman-Ford é a integração do algoritmo descrito em Bellman (1956) com o algoritmo descrito em Ford (1956). O principal objetivo do algoritmo é analisar e encontrar o menor caminho em um grafo com atribuição de pesos positivos nas arestas, inclusive pesos com valores negativos.

Este algoritmo propõe uma solução para o problema de menor caminho em um grafo orientado $G = (V, E)$. A execução do algoritmo inicia padronizando os valores da distância a ser percorrida entre cada nó, percorrendo assim, todos os vértices do caminho de origem ao final. Logo após, o algoritmo utiliza a técnica de relaxamento que consiste em analisar se pode ser encontrado um caminho de custo menor do que o percurso encontrado até o momento, ou seja, verifica se o caminho encontrado é menor que o anterior já calculado até encontrar o menor caminho definitivo de um ponto de origem ao ponto de destino, considerando-o ótimo (UCHOA, 2012).

A complexidade de tempo é elevada por sua funcionalidade de examinar cada aresta de acordo com a necessidade de encontrar o menor caminho ótimo ao algoritmo, sua complexidade é equivalente ao algoritmo de Dijkstra em média $O(m*n)$.

2.4.5. ALGORITMO A*

O uso do algoritmo A* é uma das possíveis soluções mais utilizadas em implantações de heurísticas nos algoritmos de menor caminho devido a sua velocidade, precisão e facilidade de implementação. Sua principal característica é diminuir o tempo de processamento.

Sua função é representada por $f = g + h$ e representa a estimativa do custo para ir do vértice inicial ao vértice desejado. No caso g é a estimativa de custo para ir do vértice inicial ao atual, h é a estimativa adicional do vértice atual até o desejado (PEREIRA, 1999).

Para Russel e Norvig (2004), a solução proposta por essa estratégia é mais do que apenas razoável, é ao mesmo tempo completa e ótima, desde que a função admissibilidade do algoritmo heurístico $h(n)$ satisfaça a certas condições: $h(n) = 0$, onde n é o nó alvo, $h(n) > 0$ e, $h(n)$ tem valor infinito se é impossível atingir o estado final.

2.4.6. ANÁLISE DE COMPLEXIDADE

A análise da complexidade de um algoritmo é importante para ter noção da eficiência dos algoritmos, ou seja, do seu desempenho proporcional ao tempo de execução durante a resolução de um determinado problema. A eficiência do algoritmo é medida em termos do tempo de execução e da quantidade do espaço de memória utilizado. O tempo de execução varia de acordo com a forma de criação do algoritmo, baseando-se no número de entradas e das operações implementadas.

A construção de um algoritmo deve visar não apenas à solução de um determinado problema, como também, a construção de um algoritmo bom, ou seja, que solucione o problema e seja eficiente (BARBOSA; TOSCANI; LEILA, 2000).

Ao trabalhar com tempo e armazenado de dados na análise da complexidade do algoritmo fazemos uso da medição empregada na área da ciência da computação. A notação é Big-O, é uma maneira de dar um limite superior ao tempo gasto pelo

algoritmo, cujo resultado do processamento depende da quantidade dos dados de entrada (COUTINHO, 2016).

Quadro1 - de funções para análise de complexidade de algoritmo.

$O(n!)$	Fatorial	O número de instruções executadas cresce muito rapidamente para um pequeno crescimento do número de itens processados.
$O(2^n)$	Exponencial	O número de instruções tende a crescer rapidamente.
$O(n^2)$	Quadrático	É viável de acordo com o número de dados usado e como sua implementação foi realizada.
$O(n \log n)$	Duplamente logarítmica	É melhor ou equivalente à função Quadrática.
$O(n)$	Linear	Crescimento é proporcional ao número de operações realizadas no algoritmo.
$O(\log n)$	Logarítmico	O crescimento da quantidade de operações realizadas é menor que o número de dados de entrada.
$O(1)$	Constante	Não há o aumento do número de operações. Menor custo possível.

Fonte: A autoria própria.

3. DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO

A partir do estudo da pesquisa bibliográfica sobre acessibilidade de pessoas com deficiência ou dificuldade de locomoção e conceitos tecnológicos na área da computação, foram obtidos requisitos para o desenvolvimento da aplicação web proposta como solução do problema do presente trabalho.

O intuito da aplicação Patos Acessível é que possa auxiliar esse grupo específico de pessoas a encontrar caminhos menores e acessíveis no centro de Patos-Paraíba.

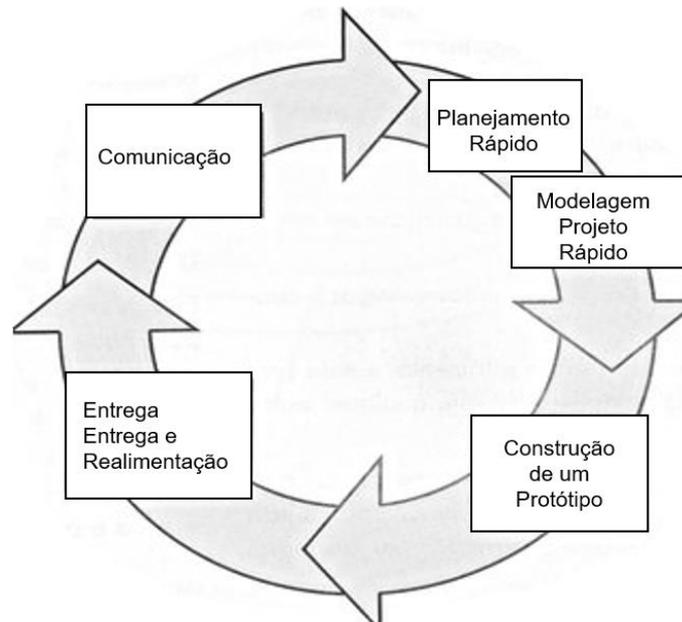
3.1 MODELO DE PROCESSO UTILIZADO NO DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

A metodologia para implementação da aplicação Patos Acessível foi o modelo de modelo evolucionário. Este processo define o fluxo de todas as atividades, ações, tarefas realizadas, os artefatos de softwares a serem produzidos, os fatores de garantia da qualidade e seus feedbacks indicando o progresso do desenvolvimento do software até o seu resultado final.

O modelo de desenvolvimento evolucionário é uma abordagem que intercala as atividades de especificação, desenvolvimento e validação. Um sistema inicial é rapidamente desenvolvido a partir de especificações abstratas, que são entre refinadas com informações, para produzir um sistema que satisfaça as suas necessidades (SOMMERVILLE, 2006).

Na Figura 10, é representada o modelo evolucionário com técnicas de prototipação, de acordo com o paradigma da prototipação.

Figura 10: Paradigma da Prototipação.

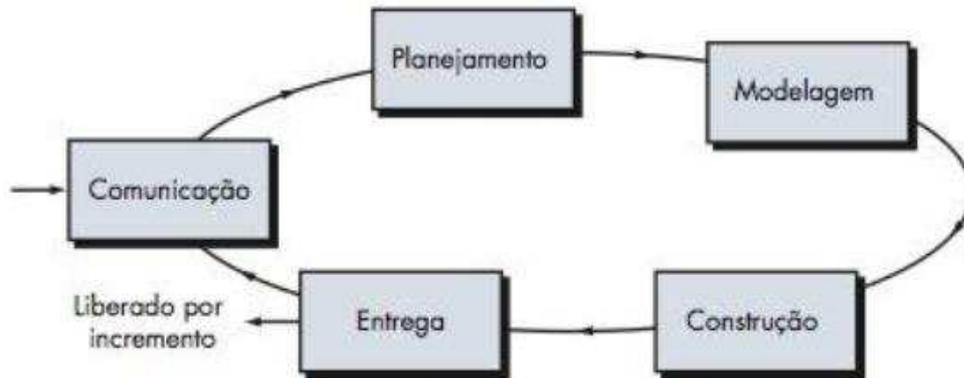


Fonte: (PRESSMAN) 2016.

Com a finalidade de se obter um software de qualidade, é imprescindível estabelecer um processo de desenvolvimento de software adequado (SOMMERVILLE, 2006). A escolha foi pela utilização da técnica de prototipação devido a esta metodologia possuir um processo de cinco etapas a serem

implementadas representadas na Figura 11. Devido ao tempo escasso para o desenvolvimento do processo realizou-se a opção por um desenvolvimento ágil, priorizando um processo com menos etapas.

Figura 11: Fluxo de processos evolucionário.



Fonte: (PRESSMAN, 2016).

- **Comunicação:**

Realizou-se a primeira reunião com os orientadores em busca de soluções em que a problemática em questão e para a delimitação do objetivo geral do trabalho, onde foi sugerido o desenvolvimento da aplicação Pato Acessível para auxílio às pessoas com deficiência ou dificuldades de locomoção.

- **Planejamento:**

Na Segunda etapa, foi realizado um estudo sobre as ferramentas, os recursos computacionais a serem utilizados, e as linguagens de programação para o desenvolvimento da aplicação. No processo de implementação foi usada a ferramenta Sublime devido ao fato de ser gratuita e à sua estrutura de suporte para construção da aplicação Web. Na implementação do recurso computacional utilizo-se o algoritmo de Bellman-Ford, utilizando linguagens de marcação de texto “HTML”, Linguagens para proporcionar estilo “CSS”, linguagens de script para interação entre linguagem e API “*Javascript*”. Fez-se uso do framework “Bootstrap” para gerar responsividade atendendo aplicações mobile e o “JSON” para guardar as informações dos pontos acessíveis, “Banco de Dados” para armazenar as sugestões enviadas e a linguagem de PHP.

- Modelagem:

Na Terceira etapa, criou-se os diagramas UML e foram gerados os requisitos para o desenvolvimento da aplicação.

- Construção do Protótipo:

Na Quarta etapa, a de elaboração do site, as ideias do layout foram esboçadas usando a prototipação de papel, logo em seguida foi utilizada a ferramenta PS6 para criação do Layout da aplicação Patos Acessível.

- Entrega e feedback:

A Quinta etapa foi de desenvolvido da aplicação com disponibilidade para ambiente web e ambiente mobile. Após a finalização da ferramenta, foi realizada a avaliação da aplicação com pessoas com deficiência ou dificuldade locomoção.

3.2. COMUNICAÇÃO

Para o desenvolvimento desse sistema, foram identificados requisitos funcionais e não funcionais.

Os requisitos funcionais são declarações de funções que o sistema deve fornecer, como o sistema deve reagir a entradas específicas e como deve se comportar em determinadas situações, os requisitos funcionais podem também explicitamente declarar o que o sistema não deve fazer (SOMMERVILLE, 2006).

Quadro 2– Requisitos Funcionais

Requisitos Funcionais	Descrição
Sobre	Informações sobre a aplicação Patos Acessível.
Locais de Origem / Destino	As informações dos pontos de acesso são previamente informadas na aplicação web. Seus pontos principais localizados no centro de Patos são: Lojas (Roupas, Lanches, Variedades), Óticas, Hospitais, Escolas, Praças,

	Fórum, Prefeitura, Oficinas, Procon, Faculdades e Comércio.
Calcular o melhor caminho acessíveis entre os pontos selecionados.	De acordo com as informações dos pontos de origem / destino, selecionados pelo usuário, o sistema utiliza o algoritmo de Bellman-Ford para calcular o menor caminho acessível.
Destino	O sistema utilizará os dados dos pontos já armazenados.
Exibir mapa do centro de Patos, destacando o menor caminho acessível.	O aplicativo, após o cálculo da rota, exibirá um mapa destacando a melhor rota acessível, além do local de origem e destino do usuário. A aplicação, após o cálculo do caminho, exibirá o mapa do centro de Patos, destacando o menor caminho acessível e o ponto de origem e destino, selecionados pelo usuário.
Sugestão	Método de interação com o usuário, caso este deseje contribuir com melhorias, fazer comentários ou críticas.
Contato	Informações para contato com os desenvolvedores da aplicação web.

Fonte: Criado pelo autor.

Os requisitos não funcionais são aqueles que não se relacionam diretamente com as funções do sistema, apresentam, portanto, as restrições sobre os serviços ou as funções oferecidas pelo sistema (SOMMERVILLE, 2006). Entre os requisitos não funcionais, destacam-se:

- O sistema deve ser acessado por meio de navegadores, e com acesso à internet.
- O sistema deve ter uma interface agradável e fácil para realizar manutenções.
- Os pontos principais e o caminho traçado devem ser fiéis a estrutura física do bairro do centro de Patos.
- As linguagens utilizadas para o desenvolvimento são PHP, JAVASCRIPT, CSS, HTML, JSON, trabalhadas com a ferramenta sublime e com auxílio da API do *GoogleMaps* para mapeamento das rotas.

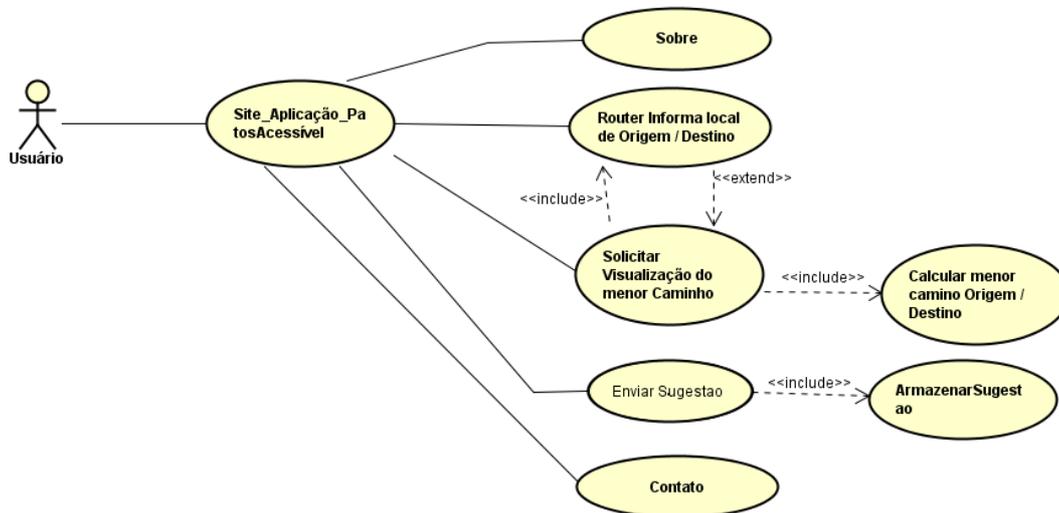
3.3. MODELAGEM

Nesta sessão serão apresentados os diagramas de caso de uso, diagrama de classe, diagrama sequencial e o modelo arquitetural da aplicação Patos Acessível.

3.3.1. Diagrama de Caso de Uso

A Figura 12 a seguir representa a modelagem de caso de uso da aplicação Patos Acessível, mostrando as ações do usuário para a aplicação.

Figura 12: Caso de Uso da Aplicação Patos Acessível.



Fonte: Autoria Própria.

Quadro 3 - Caso de Uso

Caso de Uso: Aplicação Patos Acessível.
Ator Principal: Usuário.
Interessados e Interesses: Usuário tem acesso ao menu de opções, as informações são: Sobre, Rotas, Sugestão e Contato.
Pré-Condição: O usuário acessa o site.
Pós-Condição: O sistema exibe as opções do menu que são: sobre, rotas e contato.
Cenários:

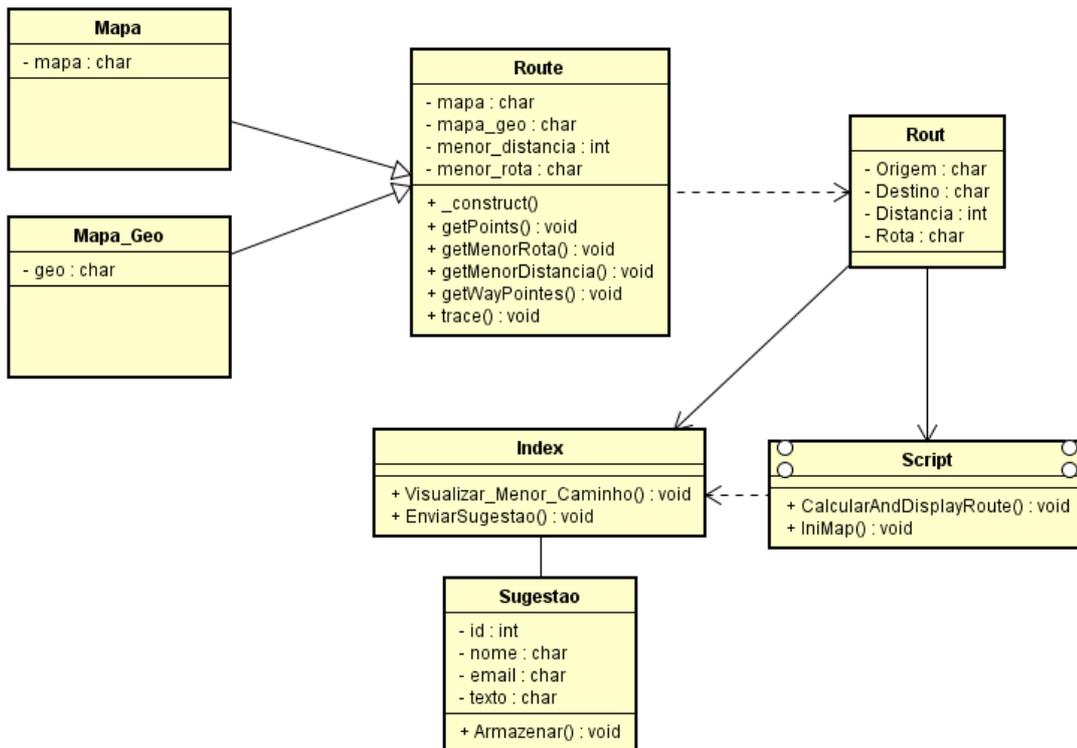
- O usuário acessa o site, o sistema possui 4 opções no menu principal: Sobre, Rotas, Sugestão e Contato;
- A opção Sobre contém informações sobre a aplicação;
- A opção Rota possui campos para o usuário indicar o ponto de Origem, o ponto de Destino. Após o usuário clicar no botão “Traçar Rota”, o sistema realiza o cálculo do menor caminho acessível para o seu deslocamento. A exibição desse percurso será de forma visual, através da *API GoogleMaps*, e de uma lista com o custo do percurso “Distância” e os pontos principais;
- A opção Sugestão possui 3 campos: nome, e-mail e texto e o botão “Enviar”, para o caso de o usuário desejar interagir com opiniões para melhorias, críticas ou dúvidas sobre a aplicação;
- Na opção Contato o usuário tem acesso a links com informações para entrar em contato com os desenvolvedores da aplicação.

Fonte: Criado pelo autor.

3.3.2. Diagrama de Classes

A Figura 13 representa o diagrama de classe do sistema com seus atributos e métodos, e seus respectivos relacionamentos.

Figura 13: Diagrama de classe do sistema com seus atributos e métodos, e seus respectivos relacionamentos.



Fonte: Autoria Própria.

No diagrama de classe são demonstradas as classes que compõem os módulos do sistema com seus respectivos atributos e métodos.

A classe “Mapa” é responsável por armazenar as seguintes informações, “to” representa o próximo nó ou o anterior, “d” representa o valor da distância até o próximo nó ou seu anterior, dos pontos principais.

A classe “Mapa_Geo” é responsável por armazenar as informações, “nm” que representa o nome atribuído ao local do ponto principal, “lg” representa a longitude, “lt” representa a latitude, com suas coordenadas podemos visualizar seu local na Api GoogleMaps.

A classe “Route” tem acesso às informações das classes “Mapa” e “Mapa_geo”, sendo assim, sua funcionalidade é calcular o menor caminho acessível com base no conceito do algoritmo de Bellman-Ford.

A classe “Rout” possui a função de pegar o ponto de origem “Start” e o ponto de destino “End”, com base no cálculo da classe “Route”. Como resultado, esta classe apresenta a menor distância e as informações dos pontos principais.

A classe “Script” tem como função coletar informações dos pontos principais da classe “Rout” e fazer a iteração com a *API GoogleMaps* com o cálculo da menor rota e a exibição dos pontos de Origem e Destino, direcionado à classe “Index”.

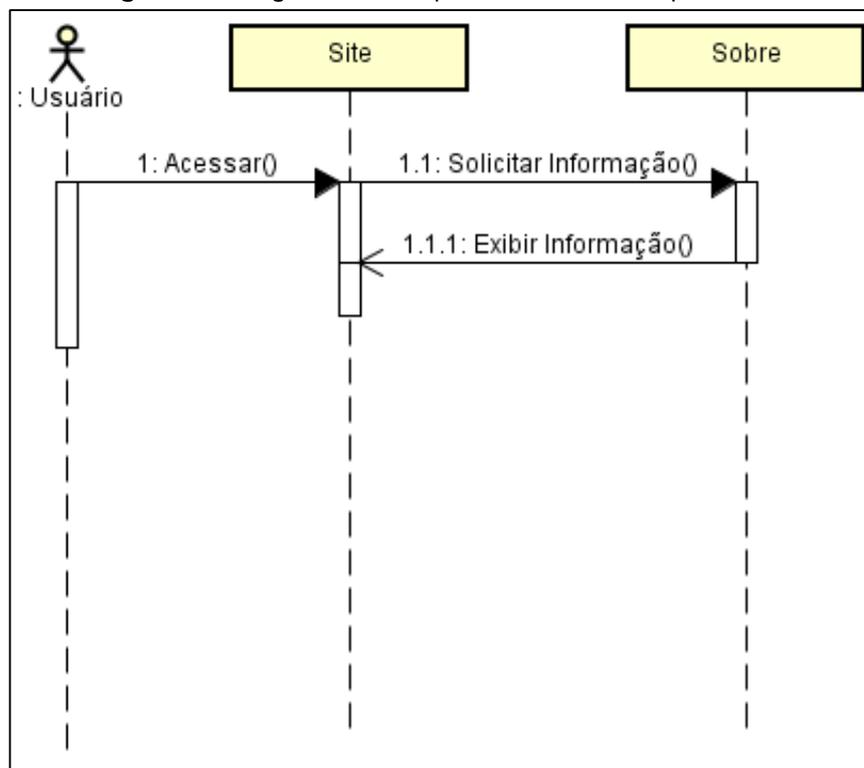
A classe “Index” é a interface, onde haverá a interação com o usuário, exibindo informações sobre aplicação, recebendo os dados indicados pelo usuário - que são o ponto de origem e o ponto de destino, e os dados necessários caso o usuário desejar dar uma sugestão.

A classe “Sugestão” tem como função coletar os dados do usuário através da classe “Index” que são: “nome”, “email” e “senha”, armazenando-os no banco de dados.

3.3.3. Diagrama Sequencial

A Figura 14, representa a ação do usuário ao acessar o site, logo em seguida o usuário solicita acesso a informação na página Sobre.

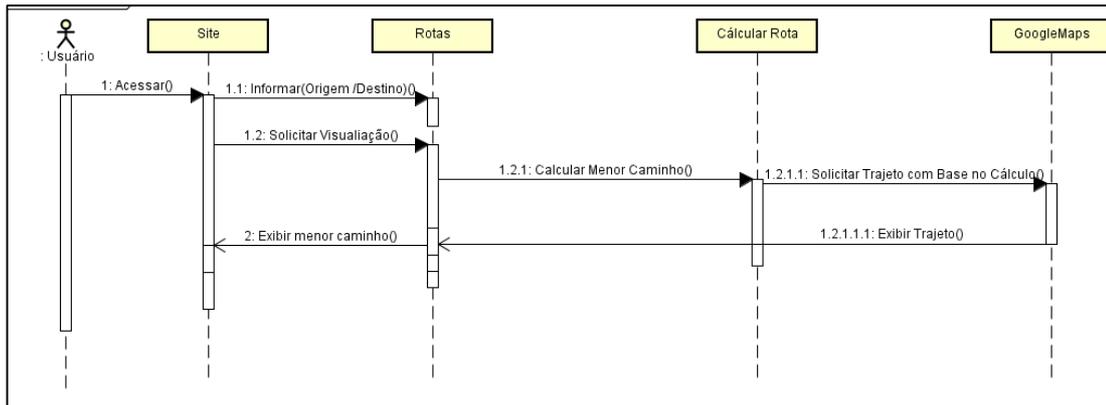
Figura 14: Diagrama de Sequência Primeira etapa Sobre.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 15, representa a ação do usuário em acessar o site, logo após o usuário inserir a informação sobre o caminho de Origem e Destino, é solicitado a visualização do cálculo da rota, após o cálculo da rota é solicitado o trajeto do resultado da API Google Maps, por sua vez exibir o trajeto do menor caminho acessível.

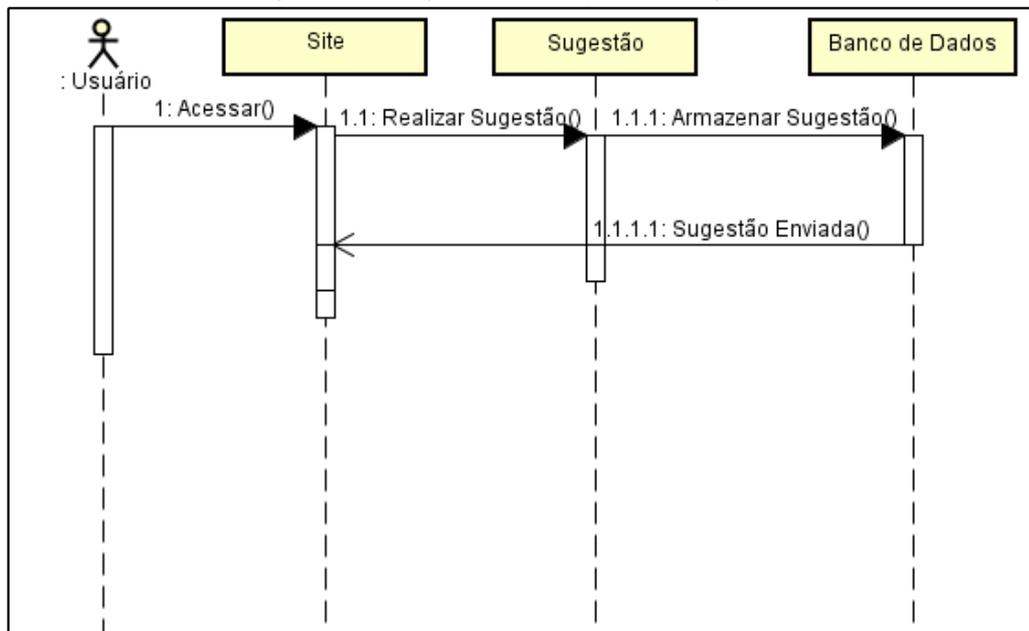
Figura 15: Diagrama de Sequência Rota do menor caminho.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 16, representa a ação do usuário ao acessar o site, logo em seguida o usuário realizar uma sugestão na página Sugestão, que será armazenada e enviada como resposta do sistema.

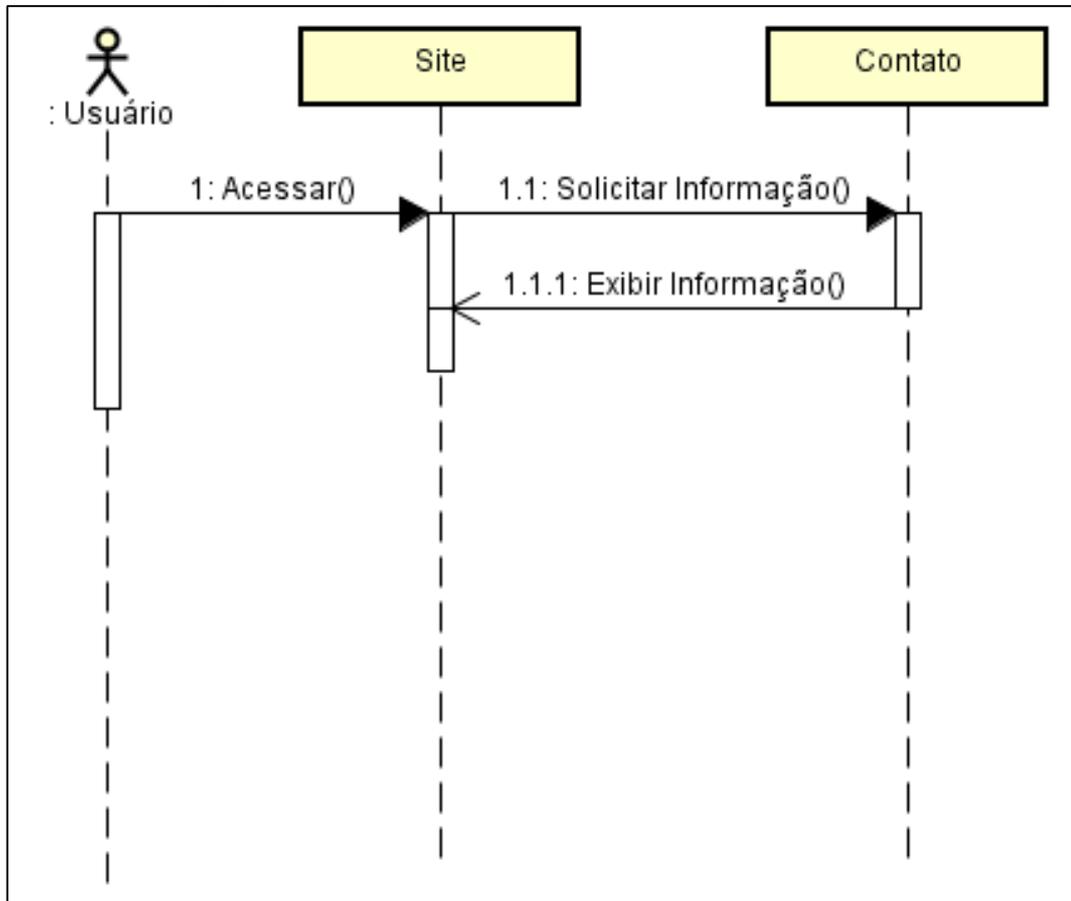
Figura 16: Diagrama de Sequência Sugestão.



Fonte: Autoria Própria.

A Figura 17, representa a ação do usuário ao acessar o site, logo em seguida o usuário solicita acesso a informação na página Contato.

Figura 17: Diagrama de Sequência Contato.



Fonte: Autoria Própria.

3.3.4. Modelo Arquitetural

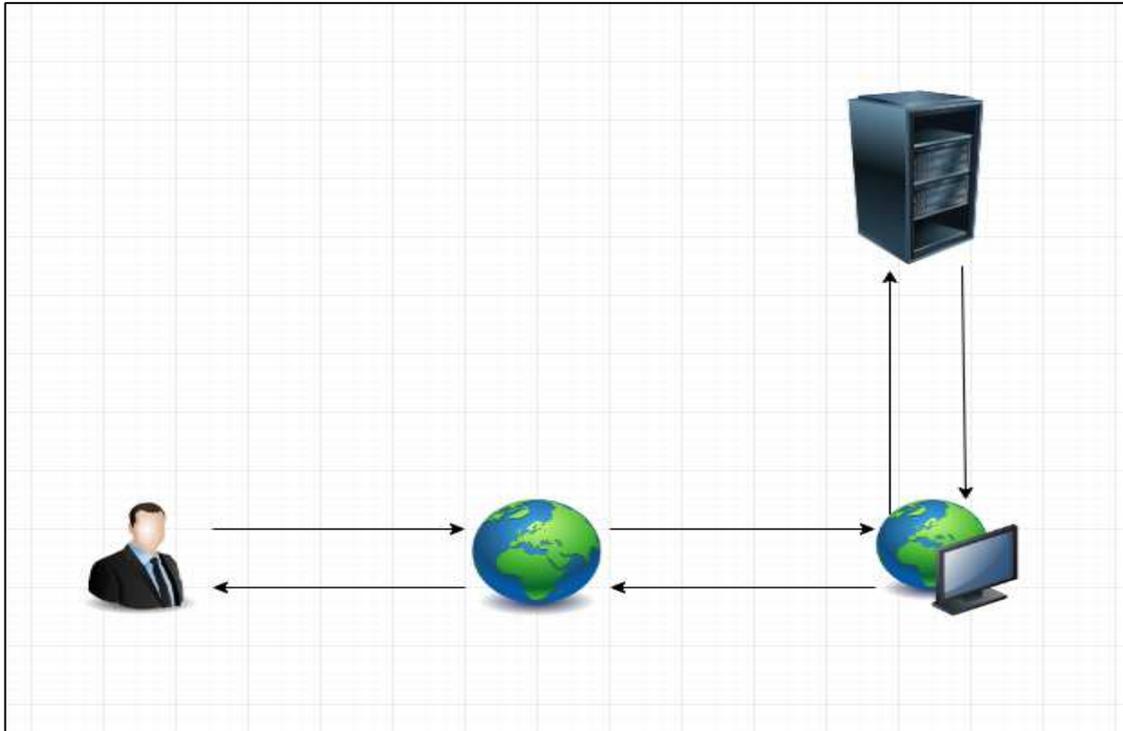
A estrutura contém três camadas que consistem em: usuário, aplicação e base de dados estáticos. A aplicação foi desenvolvida utilizando as linguagens *HTML*, *PHP*, *CSS*, *JSON*, *JavaScript* e Banco de Dados. O modelo lógico contém alto nível de acoplamento entre os componentes, por consequência é sensível a mudanças de requisitos.

Arquitetura do sistema baseia-se no conceito de Plataformas Multicanais. A plataforma multicanal é representada através de um navegador Web.

Os módulos foram construídos com o padrão arquitetural em camadas. Todos os módulos são construídos na linguagem de marcação *HTML*, linguagens de programação *PHP* e *JavaScript*, base de dados estáticos *JSON*, Banco de Dados e a estilização *CSS* será com o *framework Bootstrap*.

Utilizando um Browser, sua configuração Apache WampServer é o servidor web, por ser bastante estável com todas suas aplicações web.

Figura 18: Modelo arquitetural da Aplicação Patos Acessível



Fonte: Autoria Própria.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo são apresentados os dados coletados, a representação do mapeamento do trajeto com acessibilidade, o resultado da aplicação desenvolvida e a avaliação do usuário.

4.1. MAPEAMENTOS DOS PONTOS ACESSÍVEIS

A escolha dos pontos acessíveis do Centro de Patos foi realizada com a utilização do *GoogleMaps* conforme a metodologia apresentada na seção 1.4, o resultado desta etapa é apresentado na figura a seguir:

Figura 19: Mapeamento dos pontos acessíveis no Centro de Patos-Paraíba.

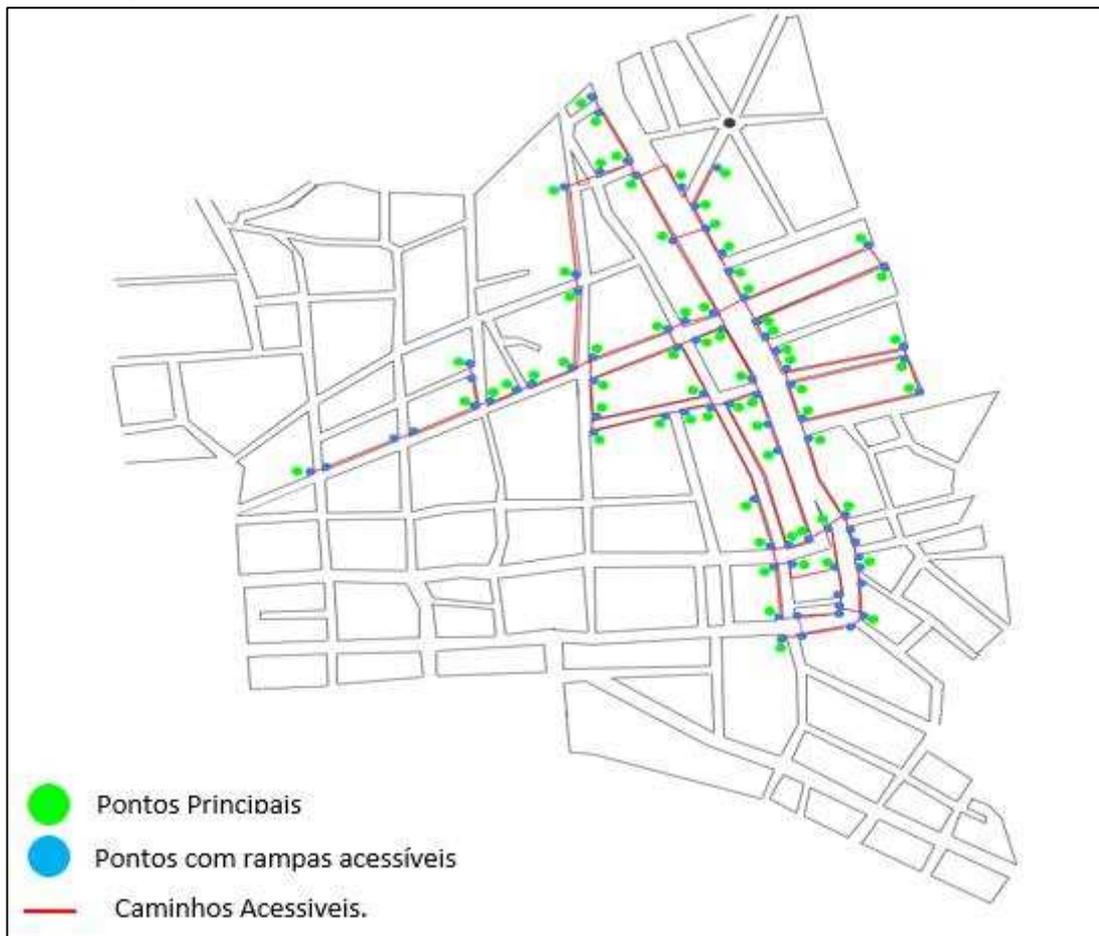


Figura: Autoria Própria.

De acordo com o mapeamento acima, modelou-se o grafo representado na Figura 20. Nele, as informações obtidas estão representadas através de **vértices**,

representados pelos círculos na cor **preta** e com os valores ilustrando a sua posição, e **arestas**, representadas por uma **reta** com o seu peso (ou custo) declarado logo acima da aresta.

Figura 20: Grafo do Mapeamento dos pontos acessíveis no Centro de Patos-Paraíba.

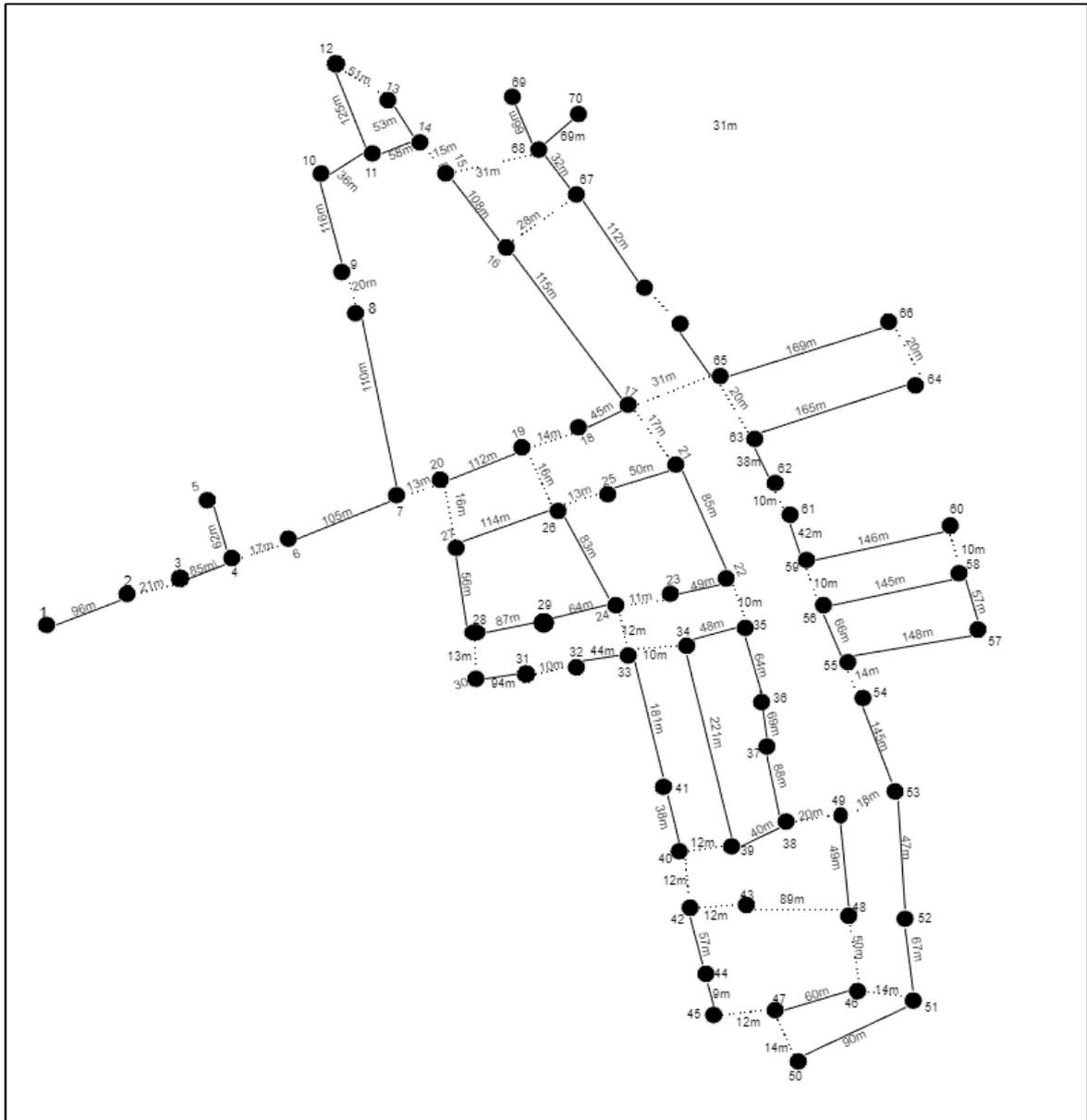


Figura: Autoria Própria.

4.2. ESCOLHA DAS FERRAMENTAS E MÉTODO APLICAÇÃO

No desenvolvimento da aplicação foi utilizado os processos de engenharia de software do modelo evolucionário e técnicas de prototipação, com as seguintes

etapas: comunicação, planejamento, modelagem, construção do protótipo, entrega e feedbacks, estabelecido por Pressman (2016).

O Quadro 4 representa, os critérios de inclusão e exclusão dos algoritmos estudados na revisão bibliográfica, para implementação da aplicação.

Quadro 4 - Critérios de Inclusão e Exclusão dos algoritmos.

Algoritmos	Inclusão	Exclusão
Algoritmo de Dijkstra	Aceita grafos orientados, não orientados, pesos positivos, Técnicas de Relaxamento de arestas $O(n^2)$.	Não aceitar pesos negativos, ciclos negativos, e nem sempre o resultado é ótimo para solução do problema do menor caminho.
Algoritmo de Johnson	Grafos direcionados, ponderados e com pesos negativos.	Descarta qualquer ciclo de repetição com pesos negativos, sua complexidade $O(n^2 \log n + n m)$
Algoritmo de Floyd-Warshall	Não aceita realizar ciclos com pesos negativos e arestas negativas	Não aceitar ciclos com pesos negativos, não aceita arestas negativas, guarda distancias percorridas, possui complexidade $O(N^3)$.
Algoritmo de Bellman-Ford	Vértices rotulados temporários, relaxamento de aresta, aceita pesos negativos e positivos, possui programação dinâmica, sua complexidade é $O(m*n)$.	
Algoritmo A*	Algoritmo que proporcionar redução de tempo de processamento	

Fonte: Criado pelo autor.

Para implementação da aplicação foi escolhido o algoritmo de Bellman-Ford, por atender aos requisitos necessários para o desenvolvimento da aplicação e atender aos critérios de inclusão, que são: vértices são rotulados como temporários, o algoritmo aceita vértices com pesos positivos e negativos, possui programação dinâmica, utilizar técnicas de relaxamento de arestas, complexidade no pior caso $O(m*n)$.

Sua complexidade, no pior caso, é $O(m*n)$, menor do que as complexidades dos algoritmos Floyd-Warshall, Johnson, A^* . Ele possui equivalência semelhante ao algoritmo de Dijkstra – $O(n^2)$, no entanto, o algoritmo de Dijkstra não aceita pesos negativos, e, nem sempre, o caminho encontrado é o menor.

4.3. DESENVOLVIMENTO DA APLICAÇÃO

O desenvolvimento da aplicação está representado nos pseudocódigos analisados nos quadros abaixo:

Quadro 5 - Pseudocódigo

Pseudocódigo: Metas-Algoritmo Bellman-ford
Solicitar Origem do Inicial ao usuário
Solicitar Destino final ao usuário
Executar <code>CalcularMenorCaminhoAcessivel</code> (Origem & Final) e aguardar o caminho e o custo do percurso no mapa
Verificar o processamento de dados do menor caminho acessível
Imprimir o menor caminho no mapa em forma de lista (listar)
Imprimir o menor caminho no mapa em forma de texto (visual)

Fonte: Criado pelo autor.

Quadro 6 - Pseudocódigo

Pseudocódigo: Função <code>CalcularMenorCaminhoAcessivel</code> Bellman-ford($\$_{from}$, $\$_{to}$, $\$_{dist}$, $\$_{route}$)
INICIO
FUNCAO TRACE $\$_{from}$, $\$_{to}$, $\$_{distancia}$, $\$_{rota}$
$\$_{Chave}$ #Concatena o nome da chave para consulta no mapa $\$_{from}$
ENQUANTO # Ponto origem for diferente destino

<pre> # Percorrer todas possibilidades de rota a partir do ponto \$_from SE #Teste de duplicidade retornar false; #Verificar se o próximo ponto já foi testado, para evitar fazer Caminho de voltar; #Caso ainda não tenha passado pelo ponto, continue testando; SE #O ponto testado já é o destino informado; #Somar a distância acumulada à distância até o ponto final; SE #encontrar uma distância menor ou se for a primeira rota encontrada; #Atualizar as variáveis \$_menor_distancia e \$menor_rota; #Incluir o ponto final na rota traçada; FIM FIM SENÃO # Incluir o ponto no array \$_route para possibilitar o teste de duplicidade # reexecutar o método caso encontre bifurcações. FIM FIM FIM RETORNAR #Verdade; FIM </pre>
<pre> \$_from: Número que corresponde ao ponto - origem \$_to: Número que corresponde ao ponto – destino; \$_dist: Distância inicial; \$_route: Pontos traçados na rota; #: Comentários. </pre>

Fonte: Criado pelo autor.

Análise completa do algoritmo proposto:

- Invariante: Calcular o menor caminho com acessibilidade entre dois pontos;
- Para o caso base: Se o local de origem informado pelo usuário é igual ao local de destino (condição verdadeira) o algoritmo executa uma nova solicitação de local de origem e destino, caso a condição seja falsa, o algoritmo executa normalmente sua funcionalidade.
- Manutenção: Ao percorrer o vértice inicial, o algoritmo soma a distância percorrida (peso do vértice) à distância do ponto final, se encontrar uma distância menor, ou se for o primeiro caminho menor encontrado, o algoritmo atualiza as variáveis da menor distância e menor rota. Se a distância retornada for o menor caminho for encontrado, o algoritmo finaliza sua execução. O algoritmo permitirá a ré execução da função *trace* caso não tenha mais como traçar arestas até o ponto de destino, ou, em caso de bifurcações. Caso a rota atual seja menor que a menor já traçada, o algoritmo irá optar pela menor rota.
- Término do algoritmo: O critério de parada na execução do algoritmo é quando ponto de destino for encontrado. Alcançado o critério, será exibido, para visualização do usuário, o menor caminho acessível a ser percorrido do ponto de origem ao ponto de destino indicados pelo usuário. Como resultado, a aplicação apresenta ao usuário o menor caminho acessível entre dois pontos, proporcionando ao usuário um trajeto com acessibilidade no centro da cidade de Patos – Paraíba.

A Figura (21) representa a tela de rotas, com 3 áreas, que são:

- Área 1 – exibe o mapa do centro de Patos e apresenta o mapeamento dos pontos com rampas e dos caminhos com acessibilidade.
- Área 2 – local onde o usuário deverá indicar os locais de origem e destino, campos “Início” e “Final”. Após o usuário informar os locais, o usuário deverá clicar no botão “TRAÇAR ROTA” para que o sistema execute o processamento da solicitação.
- Área 3 – área em que o sistema exibe o retorno do resultado do menor caminho em forma de uma lista de informações contendo a distância do percurso e os pontos de texto.

Figura 21: Tela de Rotas, Resultado.



Figura: Autoria Própria.

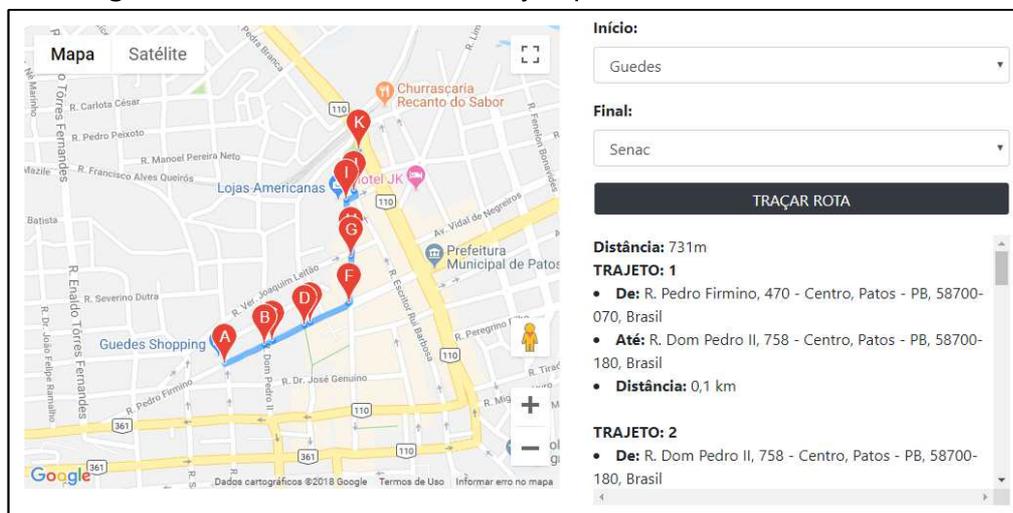
4.4. AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO

A avaliação da aplicação foi realizada a usabilidade da aplicação com usuário.

4.4.1 Usabilidade da aplicação

Esta etapa foi realizada com a participação de 1 um cadeirante, no dia 2 de novembro de 2018 e se trata do uso da aplicação pelo usuário. Na interação, ocorreu o uso da aplicação através do *notebook* e optou-se por escolher 3 três trajetos a ser percorridos.

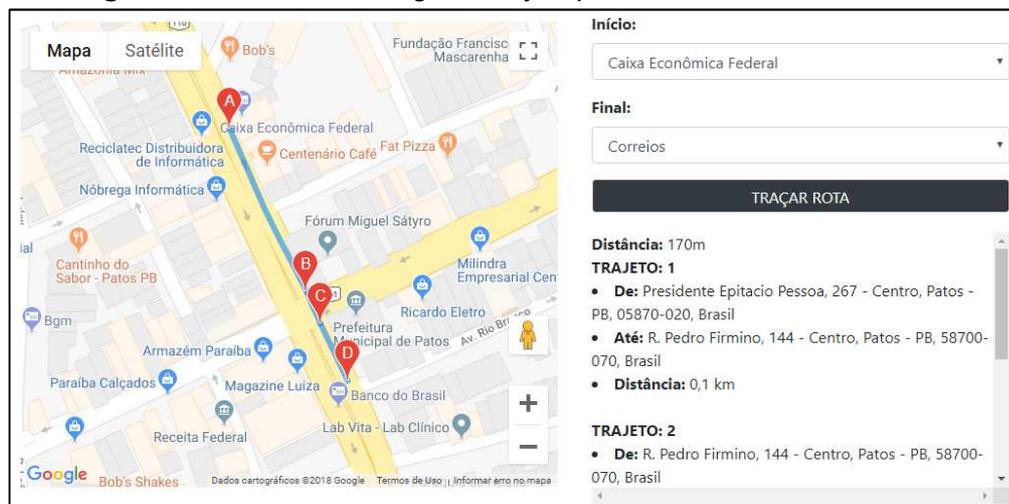
Figura 22: Resultado do Primeiro trajeto percorrido no centro da cidade.



Fonte: Criado pelo autor.

Na Figura 22 o usuário escolheu o trajeto a ser percorrido de acordo com os pontos cadastrados. Seu primeiro passo foi indicar o ponto inicial (Guedes), e o ponto final (Senac). Após escolher os pontos, o usuário solicitou a menor rota, clicando no botão “TRAÇAR ROTA”. Como resposta foi exibido o menor caminho com acessibilidade através da *API GoogleMaps*. Também foi exibida a ilustração do trajeto a ser percorrido com seus pontos acessíveis, e, através de texto, foram exibidos a distância (731m) e os pontos com informações sobre o trajeto.

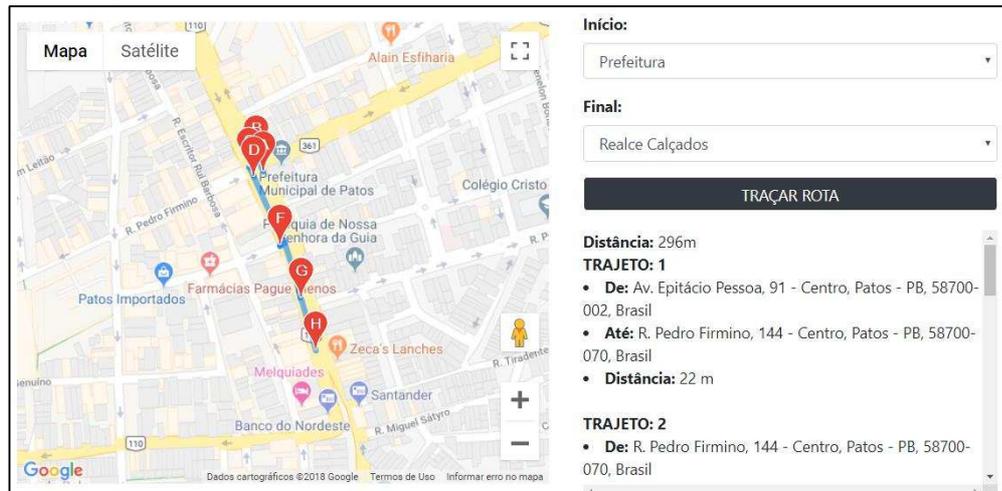
Figura 23: Resultado do Segundo trajeto percorrido no centro da cidade.



Fonte: Criado pelo autor.

Na Figura 23, o usuário, ao acessar a aplicação, escolheu o trajeto da Caixa Econômica Federal, e, como ponto final, os Correios. Após escolher os pontos foi solicitada a rota, e, como resposta, foi exibido ao usuário o menor caminho com acessibilidade com a ilustração do trajeto a ser percorrido e seus pontos acessíveis. Através de texto, foi exibida a distância (170m) e os pontos com as informações sobre o caminho.

Figura 24: Resultado do Terceiro trajeto percorrido no centro da cidade.



Fonte: Criado pelo autor.

Na Figura 24 o trajeto escolhido pelo usuário foi da Prefeitura até a loja Realce Calçados. Feita a escolha, o solicitou a rota, e, como resposta, foi retornado o menor caminho com acessibilidade através da API GoogleMaps, a ilustração do trajeto a ser percorrido com os pontos acessíveis, e, através em formato de texto, foi exibido a distância (170m) com informações sobre o caminho.

4.4.2. Entrevista

Para obtenção de dados da pesquisa, foram utilizados como instrumento a entrevista semiestruturada abordando a temática do trabalho. O objetivo foi colher informações sobre o processo de interação do usuário com a aplicação e o benefício da aplicação para auxiliar os cadeirantes, ou pessoas com dificuldades motoras, a se deslocarem entre alguns pontos do centro de Patos – Paraíba.

A entrevista foi elaborada com perguntas abertas e fechadas, somando no total 13 (Treze) perguntas que podem ser encontradas no Apêndice – A. Dessas perguntas, 3 (três) foram sobre aspectos de acessibilidade de locomoção no centro da cidade e 10 (dez) foram sobre tecnologias, usabilidade, erros/dificuldades encontrados na aplicação e sugestões de melhorias na aplicação. Para cada questão elaborada, o usuário tinha como opção de resposta as seguintes opções: Sim(Qual, Quais, Como), Não(Por que?).

Questão 1- Você já encontrou dificuldade ao se locomover no centro de Patos?

A partir da resposta positiva à questão foi possível diagnosticar alguns dos problemas enfrentados por um cadeirante em se locomover nas ruas no bairro do centro de Patos. Os problemas citados giraram em torno da ausência de rampas nas calçadas, nas travessias das ruas e dentro dos locais comerciais.

Questão 2 – Você costuma pedir ajuda para chegar ao local desejado?

Como resposta fornecida constatou-se que sim, muitas vezes é necessário pedir ajuda a terceiros para poder ultrapassar obstáculos que dificultam a mobilidade, em especial, para pessoas que usam cadeiras de rodas.

Questão 3 – Você é informado dos locais com acessibilidade?

Através da resposta negativa à questão foi constatada a ausência de informações sobre os locais que possuam acessibilidade.

Questão 4 - Você já utilizou alguma tecnologia para auxiliar seu deslocamento diário?

Essa questão teve como resposta uma negativa, o que mostra a escassez de tecnologias que possam auxiliar as rotinas diárias dos deslocamentos, uma vez que o usuário não tinha conhecimento sobre aplicações que possam facilitar a escolha dos melhores trajetos e a locomoção dos cadeirantes, ou de pessoas com dificuldades de locomoção, mesmo tendo conhecimento de diversas outras tecnologias atuais.

Questão 5 – Estaria disposto a utilizar um dispositivo móvel como (Tablet ou Celular), como uma ferramenta de auxílio nos seus deslocamentos?

Nesta questão o entrevistado diz possuir interesse em saber as informações sobre a aplicação e utilizá-la.

Questão 6 – Uma aplicação que, ao ter indicados um ponto de início e o ponto de destino, exiba de forma visual o menor caminho com acessibilidade, traria algum benefício para você?

Na resposta desta questão, após interagir com a aplicação, atestou-se os benefícios que essa tecnologia proporciona como: conforto, segurança no deslocamento, autonomia, agilidade e menor esforço físico.

Questão 7 – Este método de auxílio te ajudaria a chegar aos locais mais rapidamente?

A resposta afirmativa a este questionamento demonstrou que o entrevistado ficou satisfeito com o método utilizado na aplicação.

Questão 8 – Você considera a aplicação fácil de utilizar?

A resposta obtida para essa pergunta foi que sim, as funcionalidades da aplicação são simples e de fácil entendimento.

Questão 9 – Você recomendaria essa aplicação para alguém próximo ou que se encontre com as mesmas dificuldades?

Nesta resposta o entrevistado afirmou que recomendaria as pessoas que possuíssem as mesmas necessidades especiais para locomoção.

Questão 10 – Você encontrou algum erro ou dificuldade em acessar a aplicação?

O entrevistado afirmou que não encontrou erros ou dificuldades ao utilizar a aplicação.

Questão 11 – Em sua opinião, a aplicação será útil para deficientes que não conhecem bem o centro de patos, bem como os respectivos pontos acessíveis (rampas)?

Aqui o entrevistado afirma que sim, a aplicação será útil para deficientes que não conhecem bem o centro de patos, bem como os pontos acessíveis (rampas).

Questão 12 – Essa aplicação é eficiente em mapear os pontos acessíveis e mostrar o caminho mais curto?

Através da resposta afirmativa para essa pergunta, constatou-se a eficiência da aplicação em mapear os pontos acessíveis e mostrar o caminho mais curto através.

Quais sugestões de recursos você considera que deveriam ser incluídos na aplicação?

A sugestão de melhoria foi de marcar os pontos comerciais (lojas, bancos, padarias, etc.) com acessibilidade ao cadeirante em suas instalações dentro do mapeamento realizado.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho possibilitou a implementação do algoritmo de Bellman-Ford no desenvolvimento da aplicação web Patos Acessível que tem o objetivo apresentar trajetos acessíveis no centro de Patos – Paraíba, com intuito de auxiliar pessoas com deficiência física ou dificuldade de locomoção fornecendo informações precisas sobre o menor caminho acessível.

A partir dos estudos realizados e os resultados obtidos através de uma sequência de passos como: a coleta de dados dos pontos acessíveis, a representação do mapeamento do trajeto acessível, a interação do usuário a aplicação, percebeu-se a eficiência da aplicação em permitir que as pessoas com dificuldade de locomoção possam se tornar mais independentes em realizar suas tarefas diárias, nos seus deslocamentos com conforto, segurança no trajeto a ser percorrido, autonomia, agilidade e menor esforço físico.

Na etapa de interação e avaliação do usuário a aplicação Patos Acessível, pode se observar a satisfação do usuário com a facilidade de utilizar a aplicação e a eficiência da aplicação em mapear os pontos acessíveis mostrando de forma textual e visual do caminho mais curto a ser percorrido.

5.1. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Entre as diversas possibilidades, destacam-se:

- Ampliar a área mapeada para os demais bairros da cidade Patos-Paraíba;
- Adicionar funcionalidade para o usuário indicar pontos desconhecidos ou possíveis obstáculos entre o caminho;
- Adicionar indicação dos pontos comerciais que possuem acessibilidade em seu interior;
- Realizar divulgação da aplicação para população em rádios, redes sociais.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, G.M. **Criação e utilização de uma base de dados orientada a grafos: Um estudo de caso sobre rede social**. Monografia (Bacharel em Ciência da Computação) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2013. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/1016598-Universidade-do-sul-de-santa-catarina-guilherme-martins-alvarez.html>>. Acesso em: 05 set. 2018.
- ABNT 9050. **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Disponível em: <<http://www.ufpb.br/cia/contents/manuais/abnt-nbr9050-edicao-2015.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2018.
- Barbosa, M. A. C.; Toscani, Laira; Ribeiro, Leila. **“Ferramenta para a Automatização da Análise da Complexidade de Algoritmos”**. In: SBIE2000–XI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação/SBC. Maceió, 2000.
- BIANCHI, E. A. **Sistema para controle de frotas do transporte coletivo com acessibilidade para deficientes visuais**. 2013. 11-19 f. Monografia (Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) - Tecnológica Federal do Paraná, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2014.
- BITTENCOURT, A. L. C; Sousa, S. M; Miranda, V. M. D. **Acessibilidade em calçadas: modelo para verificação em projetos básicos de editais de obras e serviços de engenharia pelos tribunais de contas**. 2008. 28 - 35 p. Monografia - curso de especialização em auditoria de obras públicas da PUC-Rio, departamento de engenharia civil, rio de janeiro, 2008.
- BRASIL. Decreto nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004. **Página do Planalto na rede mundial de computadores**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm>. Acesso em: 15 ago. 2018.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. Censo 2000.

BRASIL. Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. **Página do Planalto na rede mundial de computadores**. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l10098.html>. Acesso em: 15 ago. 2018.

Coutinho, Demétrio. **Algoritmos**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Rio Grande do Norte, 2016. Disponível em:

<<http://docente.ifrn.edu.br/demetrioscoutinho/disciplinas>>. Acesso em: 05 ago. 2018.

GLOVER, F., KLINGMAN, D., PHILLIPS N., SCHNEIDER, R., **New Polynomial Shortest path algorithms and their computational attributes**, *Management Science* (pre-1986); Sep 1985; Vol 31, No 9; ABI/INFORM Global p. 1106 – 1128.

GROSS, J. L.; YELLEN, J. **Graph theory and its applications**. 2nd ed. Boca Raton. FL: Chapman and Hall. 2006. 779 p. ISBN 9781584885054.

HUNG, M., DIVOKY, J. **Performance of shortest path algorithms in network flow problems**, *Management Science*, 1990.

IBGE. **Características gerais da população, religião e pessoas com deficiência**. ISSN 0104-3145, 2010. Disponível em: <http://mmgerdau.webmuseu.org/wp-content/uploads/2018/08/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2018.

IBGE. **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Disponível em: <<http://www.ufpb.br/cia/contents/manuais/abnt-nbr9050-edicao-2015.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2018.

Lei nº. 10.098, de 19 de dezembro de 2000. **Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade de pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 20 dez. 2000.

MARCO, Goldbarg; ELIZABETH, Goldbarg. **Grafos: conceitos, algoritmos e aplicações**. Elsevier Editora Ltda. ed. São Paulo. ano, 2002.

MÉNDEZ, Y.A; GUARDIA, L.E.R. **PROBLEMA DO CAMINHO MAIS CURTO – ALGORITMO DE DIJKSTRA**. 2008. Disponível em: <https://www.marinha.mil.br/spolm/sites/www.marinha.mil.br/spolm/files/006_1.pdf>. Acesso em: 09 out. 2018.

OMS. **Organização Mundial da Saúde**. Disponível em: <<http://www.who.int/eportuguese/countries/bra/pt/>>. Acesso em: 10 out. 2018.

OLIVEIRA, P. F. de; BORGES, R. P; BARBALHO, I. M. P; LEITE, C. R. M. **UERN Acessível: Aplicativo *Mobile* Que Apresenta As Rotas Acessíveis Do Campus Central da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte – Mossoró** Congresso Internacional de Educação Exclusiva. II, 16 – 18 de nov. 2016, Mossoró – RN -Brasil. CINTEDI.2016. 05 – 08 p.2016.

PEREIRA, G. M. R. **Algumas Aplicações da Teoria dos Grafos**. 2009. 15 f. Conclusão de Curso (Algumas Aplicações da Teoria dos Grafos - MATEMÁTICA) - Faculdade de Matemática, Universidade Federal de Uberlândia, [S.l.], 2008.

PEREIRA, C. **Implementação de Heurísticas para determinação do caminho de menor Custo**. 1999. 57-64 p. Monografia (Curso de Ciências da Computação) - Universidade Regional de Blumenau, Blumenau, 1999.

PRESSMAN, R.; MAXIM, B. **Engenharia de Software-8a Edição**. [S.l.]: McGraw Hill Brasil, 2016.

RABELO, G. B. **Avaliação da acessibilidade de pessoas com deficiência física no transporte coletivo urbano**. 2008. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia.

RUSSEL, S.; NORVIG, P.; **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. Prentice-Hall, Second Edition, 2003.

SANTOS, J. A. **Modelagem de Malhas Viárias Urbanas Aplicando Conceitos de Grafos**. Monografia- UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL,

Curso de Ciência da Computação, Dourados - MS, 2006. Disponível em:
<<https://homepages.dcc.ufmg.br/~jefersson/pdf/santos2006monography.pdf>>.
Acesso em: 13 out. 2018.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de Software**. 6ª ed. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2003.

SOUZA, C. T. R. de; COSTA, M. F. L. da. **Acessibilidade e Inclusão de Cadeirantes**. 2013. 11 - 22 f. Artigo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ) - Faculdade de Educação, Belém - Pará, 2013.

Szwarcfiter, J. L., Markenzon, L. (1994) “**Estruturas de Dados e seus Algoritmos**”. Editora LTC.

UCHOA, Joel Silva. **CAMINHOS MÍNIMOS COM RECURSOS LIMITADOS**. 2012. 27 f. Dissertação (Universidade de São Paulo) - Instituto de Matemática e Estatística, São Paulo, 2012.

YIN, R. **Case study research: design and methods**. London: Sage, 1986.

APÊNDICE A – PESQUISA DA SATISFAÇÃO

Esta pesquisa faz parte de um trabalho de conclusão do curso (TCC), no qual foi desenvolvido uma aplicação web, intitulada como Patos Acessível, para auxiliar pessoas com deficiência física ou dificuldade de locomoção a encontrar caminhos acessíveis mais curtos entre os pontos do centro de Patos-Paraíba. A pesquisa visa coletar informações a respeito da sua utilização da referida aplicação, com finalidade de avaliar a aplicação e a partir dos resultados coletados nesta entrevista.

- 1) Você já encontrou dificuldade ao se locomover no centro de Patos?
 - a) Sim. Qual?
 - b) Não.
 - c) Outros.

- 2) Você costuma pedir ajuda para chegar ao local desejado?
 - a) Sim.
 - b) Não.
 - c) Outros.

- 3) Você conhece bem a localização dos pontos de acesso (rampas) da cidade de patos?
 - a) Sim. Como?
 - b) Não.
 - c) Outros.

- 4) Você é informado dos locais com acessibilidade?
 - a) Sim. Como?
 - b) Não.
 - c) Outros.

- 5) Você já utilizou alguma tecnologia para auxiliar seu deslocamento diário?
 - a) Sim. Qual?
 - b) Não.

c) Outros.

6) Estaria disposto a utilizar um dispositivo móvel como (Tablet ou Celular), como uma ferramenta de auxílio nos seus deslocamentos?

a) Sim.

b) Não.

c) Outros.

7) Você achou a aplicação fácil de utilizar?

a) Sim.

b) Não.

c) Outros.

8) Você recomendaria essa aplicação para alguém próximo ou que se encontre com as mesmas dificuldades?

a) Sim.

b) Não.

c) Outros.

9) Você encontrou algum erro ou dificuldade em acessar a aplicação?

a) Sim. Qual?

b) Não.

10) Na sua opinião, a aplicação será útil para deficientes que não conhecem bem o centro de patos, bem como os respectivos pontos acessíveis(rampas)?

a) Sim.

b) Não. Por que?

12) Essa aplicação é eficiente em mapear os pontos acessíveis e mostrar o caminho mais curto?

a) Sim.

b) Não.

13) Quais sugestões de recursos você considera que deveriam ser incluídos na aplicação?
