

# Agente inteligente para o problema do transporte público de João Pessoa

Alexandre Rocha<sup>1</sup>, Leonardo Dantas<sup>1</sup>, Matheus Lima<sup>1</sup>, Vinícius Matheus<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Centro de Informática - UFPB

**Resumo.** Esse documento tem como objetivo apresentar uma proposta de agente inteligente para o problema de escolha de rotas em transportes públicos de João Pessoa, optando pela rota de menor distância e que priorize a passagem por pontos turísticos de acordo com um valor de intensidade que representa o quanto o usuário em questão deseja passar pelos pontos turísticos. São apresentadas as características do agente proposto bem como sua definição, estrutura e as características do ambiente em que ele atuará. Além disso, será apresentado uma representação do conhecimento para escolha de paradas. Também será apresentada uma proposta de malha de transporte público simplificada para o problema.

## 1. Visão Geral

O projeto tem como proposta a definição e construção de um agente inteligente para o problema de transporte público da cidade de João Pessoa. A problemática vem da necessidade dos usuários de transporte público em utilizá-los para locomoção, visto que muitas vezes desconhecem as melhores rotas de um ponto de partida até o destino final, frustrando-os em alguns objetivos.

O objetivo do projeto consiste em modelar um agente inteligente para auxiliar um usuário a ir de uma origem para um destino, usando a malha de transporte público, de acordo com critérios definidos pelo grupo, além disso, é necessária da proposta de uma malha de transporte público simplificada da cidade contendo as principais rotas e paradas dos bairros.

O documento está estruturado da seguinte forma: na seção 2 é apresentada a proposta do agente e os critérios definidos pelo grupo para a atuação do agente, na seção 3 é apresentada a tabela PEAS do agente proposto, na seção 4 é descrita as características do ambiente do agente, na seção 5 é definida a estrutura do agente, na seção 6 é apresentada a técnica de Aprendizagem de máquina selecionada para o agente, na seção 7 é apresentada a técnica de Busca Heurística selecionada para o agente, na seção 8 é descrita a representação de conhecimento do agente e na seção 9 é apresenta a malha de transporte público simplificada que será utilizada.

O código completo do projeto está disponível em: <https://github.com/Vnicius/AgenTur>

## 2. Proposta de Agente

O agente inteligente exposto neste artigo tem como proposta solucionar o problema do transporte público de João Pessoa auxiliando um usuário a ir de uma origem para um destino, a partir da malha de transporte público proposta neste artigo, encontrando a rota

mais curta entre os dois pontos, priorizando as rotas que passam por pontos turísticos a partir de uma variável de intensidade que representa o quanto o usuário pretende passar pelos pontos turísticos durante seu percurso.

### 3. PEAS

Agente	Sensores	Atuadores	Desempenho	Ambiente
AgenTour	Tabela de distâncias	Apresentação da Rota	Rota ótima	Mapa de rotas

**Tabela 1. Descrição PEAS**

#### 3.1. Agente

Na tabela 1, o AgenTour visa auxiliar um usuário que irá usufruir do transporte público através do cálculo da melhor rota entre dois pontos, priorizando a passagem por pontos turísticos.

#### 3.2. Sensores

Na tabela 1, o sensor é a tabela de distâncias, ou seja, o sensor é a distância entre os pontos.

#### 3.3. Atuadores

Na tabela 1, a apresentação da rota refere-se ao resultado apresentado ao usuário referente ao trajeto escolhido.

#### 3.4. Desempenho

Na tabela 1, a rota ótima refere-se ao cálculo da melhor rota passando pela maior quantidade de pontos turísticos possíveis com o menor custo.

#### 3.5. Ambiente

Na tabela 1, o ambiente é o mapa de rotas, ou seja, é um grafo com todas as rotas entre os pontos.

### 4. Descrição do Ambiente

Nessa sessão iremos descrever todo ambiente mostrando as principais características e explicando os motivos destas escolhas.

#### 4.1. Completamente Observável

Os sensores do agente conseguem o estado completo do ambiente, ou seja, é possível saber todas as rotas possíveis para o destino.

#### 4.2. Determinístico

Todo estado seguinte pode ser completamente determinado pelo estado atual e as ações selecionadas pelo agente.

#### **4.3. Sequencial**

A decisão atual afeta diretamente todas as decisões futuras, ou seja, uma rota escolhida afeta diretamente as rotas que serão escolhidas futuramente.

#### **4.4. Estático**

O ambiente permanece inalterável durante todo processo de escolha e ação que o agente realizar.

#### **4.5. Discreto**

Existe um número distinto e finito de estados que levam o agente do estado de origem até o estado de destino.

#### **4.6. Agente Único**

Todo ambiente é desenvolvido por um único agente.

### **5. Estrutura do Agente**

O agente é **Cognitivo Baseado em Objetivo**, pois a cada escolha de rota do agente ele busca o menor custo de rota, priorizando, caso possível, rotas com pontos turísticos próximos de acordo com o valor de intensidade. Dessa forma, o agente procura a melhor forma possível para alcançar seu objetivo principal que é traçar a rota de menor custo passando pelos pontos turísticos possíveis até a rota final. Para isso, o agente necessita de informações adicionais sobre seu objetivo, que no caso é a tabela de distância em linha reta de cada ponto do mapa de rotas. Além da tabela, o agente também tem conhecimento do custo de baldeação, que será adicionado e mensurado ao custo total da rota escolhida e o custo do trânsito de determinado dia e hora da semana de cada rota, o que consequentemente irá influenciar na escolha de cada rota durante o processo de escolha. Para o caso abordado neste artigo, o agente não trata de objetivos conflitantes.

### **6. Aprendizagem de Máquina**

A aprendizagem de máquina foi utilizada para a predição de tempo adicional gasto em uma rota com base em um conjunto de dados que simulam uma semana de medição de dados de todas as rotas cobertas pelo projeto.

A base de dados foi gerada a partir de um algoritmo que cria os dados aleatoriamente e os armazena em um arquivo para cada rota apresentada no mapa simplificado, cada dado é composto de quatro informações: o dia da semana, a hora, o fluxo de veículos por segundo em um dado ponto e o custo adicional de tempo em minutos daquela rota.

A ideia é: dado um dia da semana, hora e fluxo de carros numa determinada rota, prever qual será o tempo adicional naquela rota utilizando-se a base de dados como base de conhecimento do ambiente.

Para a aplicação da aprendizagem de máquina, foi utilizada a biblioteca **Scikit-Learn** para a linguagem de programação **Python**[Sci ]. **Scikit-Learn** é um biblioteca *open-source* para aprendizagem de máquina, construída sobre outra biblioteca para a linguagem **Python**, a **SciPy**, uma biblioteca também *open-source* voltada para programação científica.

A técnica de aprendizagem de máquina escolhida foi de Aprendizagem Supervisionada utilizando Regressão Logística. A Regressão Logística é uma técnica estatística que tem como objetivo produzir, a partir de um conjunto de observações, um modelo que permita a predição de valores tomados por uma variável categórica [Reg ]. Em suma, será utilizado para a construção do modelo de regressão com base nos dados da base de dados para a predição do mais provável tempo adicional na rota.

O resultado dessa predição é utilizada na busca heurística quando a mesma for calcular o custo de uma determinada rota.

## 7. Busca Heurística

O agente utilizará a busca heurística A\* para encontrar a rota mais curta entre dois pontos. Este algoritmo busca o caminho em um grafo de um vértice inicial até um vértice final. Em cada etapa, o algoritmo irá calcular o custo do caminho utilizando:

$$f(n) = g(n) + h(n)$$

onde  $n$  representa o estado atual,  $f(n)$  é a função referente ao custo do caminho do estado  $n$ ,  $g(n)$  é a função pertencente ao custo do caminho do estado inicial até o estado  $n$  e  $h(n)$  é a função concernente ao custo do caminho do estado  $n$  até o estado final.

O algoritmo tem como base de custo uma tabela com a distância em linha reta de cada ponto da malha de transporte. Além disto, ele também irá considerar o custo de baldeação de uma linha de transporte para outra, sendo fixa de 15 minutos. Levando em consideração que o ônibus terá uma velocidade média de 60km/h temos que a distância será de 15 quilômetros:

$$60\text{km}/\text{h} \rightarrow 1\text{h}$$

$$X \rightarrow 0,25\text{h}$$

$$X = 15$$

Portanto, todas as vezes que o usuário precisar trocar de rota, será acrescido ao custo o tempo de baldeação convertido para a grandeza distância, que será de 15km.

Além do custo de baldeação, o algoritmo recebe um valor inteiro *prioriza-pt* que representa o quão o usuário deseja passar por pontos turísticos durante sua trajetória até o destino final. Caso ele não tenha muito interesse, esse valor é setado como próximo de zero. Por outro lado, caso o usuário tenha interesse em visitar os pontos turísticos durante sua trajetória, será atribuído um valor maior que zero, ou seja, quanto mais distante positivamente do zero significa que as rotas que passam por pontos turísticos serão priorizadas em detrimento das outras. Por *default* o *prioriza-pt* possui valor de 50, ou seja, caso não seja atribuído, o algoritmo irá priorizar os pontos turísticos com intensidade de 50.

Será calculado esta taxa para escolha da menor rota, sempre priorizando as rotas próximas aos pontos turísticos.

## 8. Representação do Conhecimento

A representação do conhecimento tem como principal objetivo analisar como o conhecimento pode ser mais comprehensivamente representado e ao mesmo tempo efetivamente raciocinado. Para o caso abordado neste artigo, o agente deve escolher um ponto de ônibus inicial que melhor chegue no seu destino.

## 8.1. Símbolos

- $U_x$  significa que “o usuário está no bairro x”
- $O_{i-x}$  significa que “existe um ponto de ônibus i está no bairro x”
- $R_{ijx}$  significa que “existe uma única rota do ponto de ônibus i, até o destino no ponto de ônibus j, partindo do bairro x”
- $P_{ix}$  significa que “o ponto de ônibus i no bairro x está próximo do usuário”
- $E_{ix}$  significa que “escolhe o ponto de ônibus i no bairro x”
- $D_{ix}$  significa que “o destino final é o ponto de ônibus i no bairro x”

## 8.2. Base de Conhecimento

Para criarmos uma base de conhecimento a partir das percepções de um estado do mundo, iremos apresentar uma situação-estado: O usuário está estudando na Universidade federal da Paraíba e após sua aula pretende ir para o bairro de mangabeira visitar um parente próximo. Qual ponto de ônibus o usuário deverá pegar visando rotas diretas ao destino?

Base de conhecimento a partir das percepções do estado atual do mundo:

- $U_{-CidadeUniversitaria}$
- $\neg U_{-Mangabeira}$
- $O_{6-CidadeUniversitaria}$
- $O_{7-CidadeUniversitaria}$
- $O_{5-Mangabeira}$
- $P_{6-CidadeUniversitaria}$
- $P_{7-CidadeUniversitaria}$
- $\neg P_{5-Mangabeira}$
- $R_{6-5-CidadeUniversitaria}$
- $\neg R_{7-5-CidadeUniversitaria}$
- $D_{5-Mangabeira}$

## 8.3. Regras

- **R1:**  $U_{-CidadeUniversitaria} \rightarrow E_{6-CidadeUniversitaria} \vee E_{7-CidadeUniversitaria}$
- **R2:**  $(D_{5-Mangabeira} \wedge R_{6-5-CidadeUniversitaria}) \rightarrow E_{6-CidadeUniversitaria}$
- **R3:**  $\neg R_{7-5-CidadeUniversitaria} \rightarrow \neg E_{7-CidadeUniversitaria}$

## 8.4. Inferências

1. Aplicando *Modus Ponens* à  $U_{-CidadeUniversitaria}$  e **R1** temos que:

$$E_{6-CidadeUniversitaria} \vee E_{7-CidadeUniversitaria}$$

2. Aplicando *Modus Ponens* à  $\neg R_{7-5-CidadeUniversitaria}$  e **R3** temos que:

$$\neg E_{7-CidadeUniversitaria}$$

3. Aplicando *Resolução de unidade* em cima do resultado da inferência 1 onde à  $\alpha$  é  $E_{6-CidadeUniversitaria}$  e  $\beta$  é  $E_{7-CidadeUniversitaria}$  concluimos que:

$$E_{6-CidadeUniversitaria}$$

Portanto, concluímos que a escolha será pelo ponto de ônibus  $O_{6-CidadeUniversitaria}$ .

## 9. Malha de Transporte Público Simplificada

Para a simplificação do problema, selecionamos 15 paradas de ônibus, representadas por pontos em azul e roxo e 4 rotas de ônibus diferentes para toda grande João Pessoa. Para auxiliar no desenvolvimento e na criação das rotas e cálculo das distâncias em linha reta de um ponto para outro, utilizamos o site *Google MyMaps*<sup>1</sup>.

Na figura 1 os pontos em azul representam as paradas de ônibus e os pontos em roxo representam as paradas de ônibus que são próximas a algum ponto turístico. As linhas coloridas (vermelho, azul, roxo e rosa) representam, cada uma, rotas de transportes diferentes. Os pontos em verde determinam a localização de um ponto turístico.

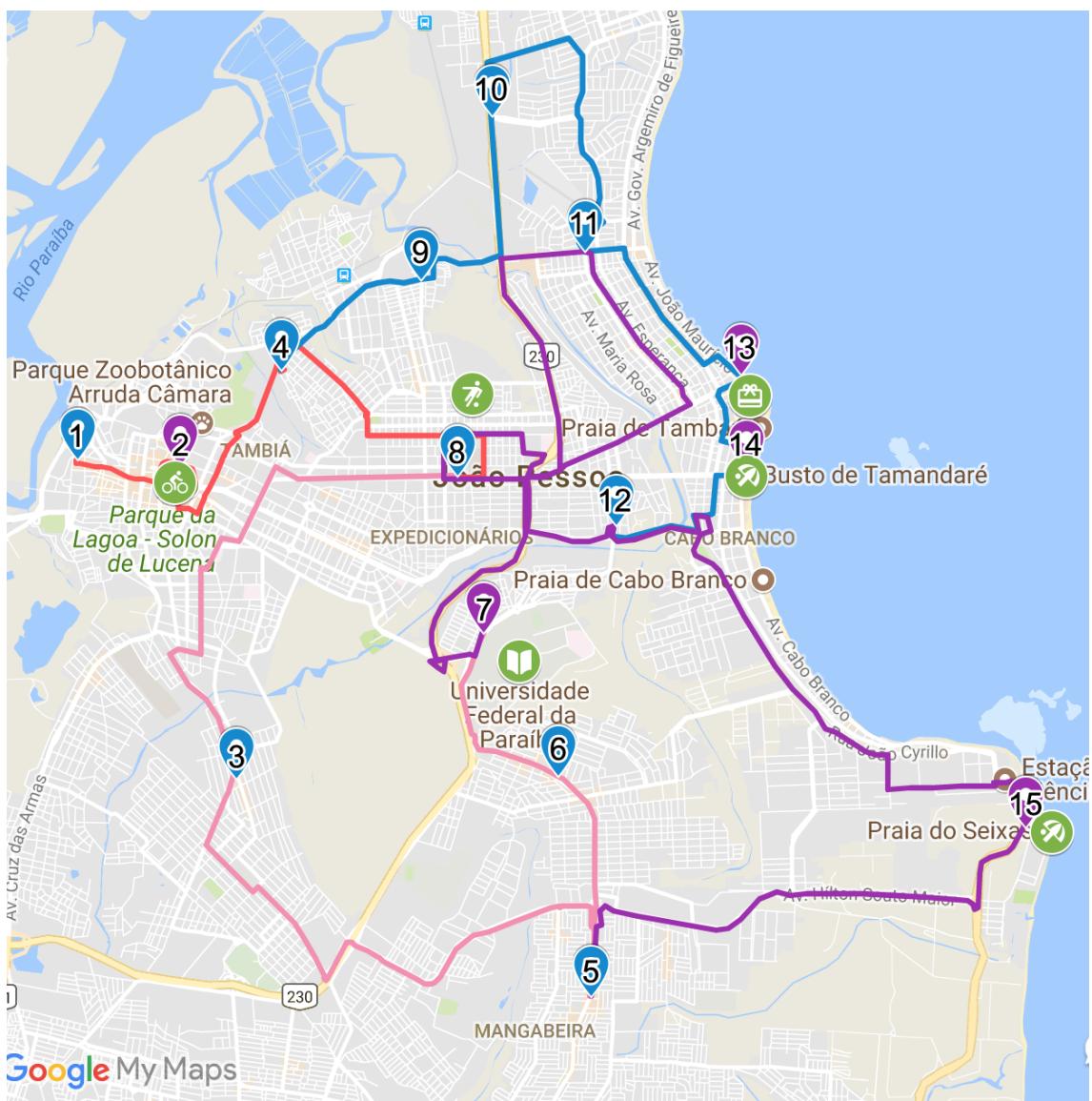
Na Tabela 2 são mostradas os pontos de ônibus que compõem cada uma das rotas.

Linha	Pontos
Vermelha	1, 2, 4, 8
Azul	4, 9, 10, 11, 12, 13, 14
Roxo	5, 7, 8, 11, 12, 15
Rosa	3, 5, 6, 7, 8

**Tabela 2. Rotas e seus pontos**

---

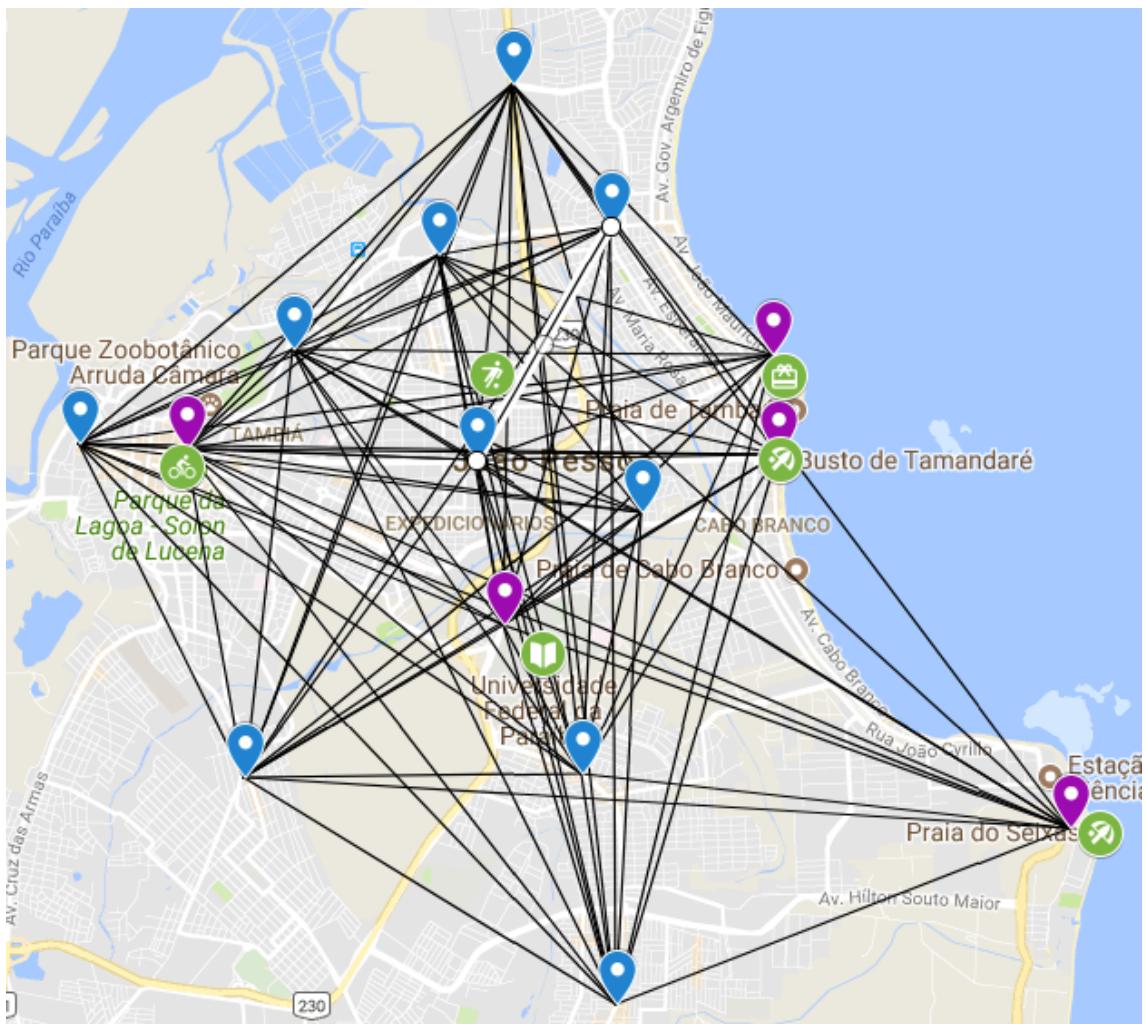
<sup>1</sup><https://goo.gl/5MHWYb>



**Figura 1. Malha de Transporte Público Simplificada. Fonte: Autores**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15
P1	0	1,12	2,44	3,9	8,12	6,29	4,83	4,16	4,24	5,89	6	5,93	7,31	7,31	11,1
P2	1,12	0	1,52	3,48	7,34	5,35	3,79	3,04	3,33	5,12	5,01	4,81	6,21	6,19	10,1
P3	2,44	1,52	0	4,5	7,63	5,36	3,62	2,24	1,82	3,61	3,56	4,03	5,02	5,19	9,54
P4	3,9	3,48	4,5	0	4,55	3,52	3,14	4,1	5,82	7,77	6,92	4,99	7,07	6,52	8,64
P5	8,12	7,34	7,63	4,55	0	2,44	4,14	5,87	8,05	9,68	8,14	5,15	6,99	5,99	5,09
P6	6,29	5,35	5,36	3,52	2,44	0	1,76	3,46	5,63	7,25	5,74	2,8	4,82	3,92	5,14
P7	4,83	3,79	3,62	3,14	4,14	1,76	0	1,74	3,92	5,65	4,32	1,86	3,98	3,37	6,29
P8	4,16	3,04	2,24	4,1	5,87	3,46	1,74	0	2,18	3,95	2,83	1,82	3,29	3,16	7,30
P9	4,24	3,33	1,82	5,82	8,05	5,63	3,92	2,18	0	1,95	1,82	3,44	3,65	4,12	8,91
P10	5,89	5,12	3,61	7,77	9,68	7,25	5,65	3,95	1,95	0	1,8	4,68	3,92	4,77	9,72
P11	6	5,01	3,56	6,92	8,14	5,74	4,32	2,83	1,82	1,8	0	3,15	2,17	2,97	7,92
P12	5,93	4,81	4,03	4,99	5,15	2,8	1,86	1,82	3,44	4,68	3,15	0	2,14	1,54	5,55
P13	7,31	6,21	5,02	7,07	6,99	4,82	3,98	3,29	3,65	3,92	2,17	2,14	0	1,05	5,84
P14	7,31	6,19	5,19	6,52	5,99	3,92	3,37	3,16	4,12	4,77	2,97	1,54	1,05	0	4,95
P15	11,1	10,1	9,54	8,64	5,09	5,14	6,29	7,30	8,91	9,72	7,92	5,55	5,84	4,95	0

**Figura 2.** Tabela com as distâncias entre os pontos.



**Figura 3. Calculo da distância em linha reta de todos os pontos.**

## 10. Referências

Slide da aula e [Russell and Norving 2013]

### Referências

Rregressão logística. [https://pt.wikipedia.org/wiki/Rregress%C3%A3o\\_log%C3%A3stica](https://pt.wikipedia.org/wiki/Rregress%C3%A3o_log%C3%A3stica). Acessado: 04-12-2017.

Scikit-learn. <https://pt.wikipedia.org/wiki/Scikit-learn>. Acessado: 04-12-2017.

Russell, S. and Norving, P. (2013). *Inteligência Artificial*. Elsevier Editora Ltda., 3th edition.