

OPÇÕES PARETO-ÓTIMAS DE PLANO DE VIAGEM DE ACORDO COM PREFERÊNCIAS DE PASSAGEIROS DE ÔNIBUS

Sylvain Fournier, Eduardo Otte Hülse e Éder Vasco Pinheiro

WPLEX Software Ltda. Rod SC 401, 8600 Corporate Park bloco 5 sala 101. 88050-000 Santo Antônio de Lisboa, Florianópolis - SC

sylvain@wplex.com.br - eduardo.hulse@wplex.com.br - eder.pinheiro@wplex.com.br

1 - Resumo

O transporte de passageiros por ônibus é utilizado por 25% da população brasileira para se locomover diariamente (CNI RSB-Mobilidade Urbana, 2015).

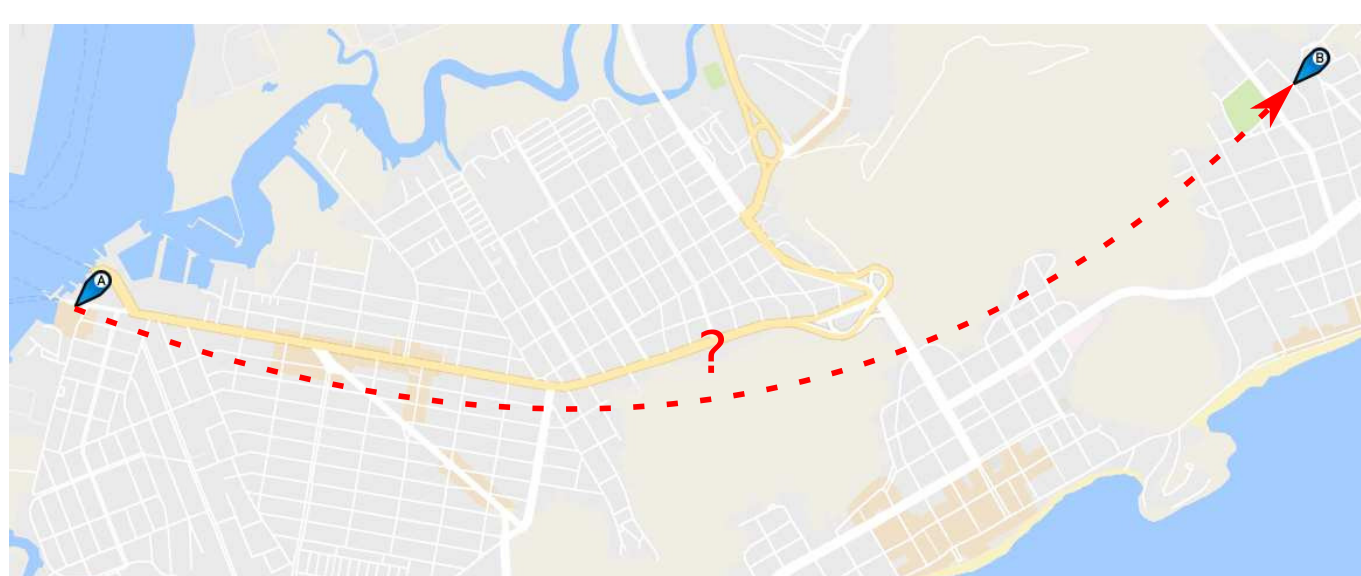
Enquanto a maioria dos passageiros quer chegar o **mais rápido possível** em seus destinos, outros, em especial idosos ou pessoas com necessidades especiais, preferem **caminhar o mínimo possível**. Além disso, **viagens baratas** e com **poucas transferências** são privilegiadas pelos usuários.

Portanto, neste trabalho apresentamos um algoritmo de busca dos melhores caminhos em uma rede de transporte considerando múltiplos critérios. O algoritmo monta a **fronteira de Pareto** para os **objetivos** considerados.

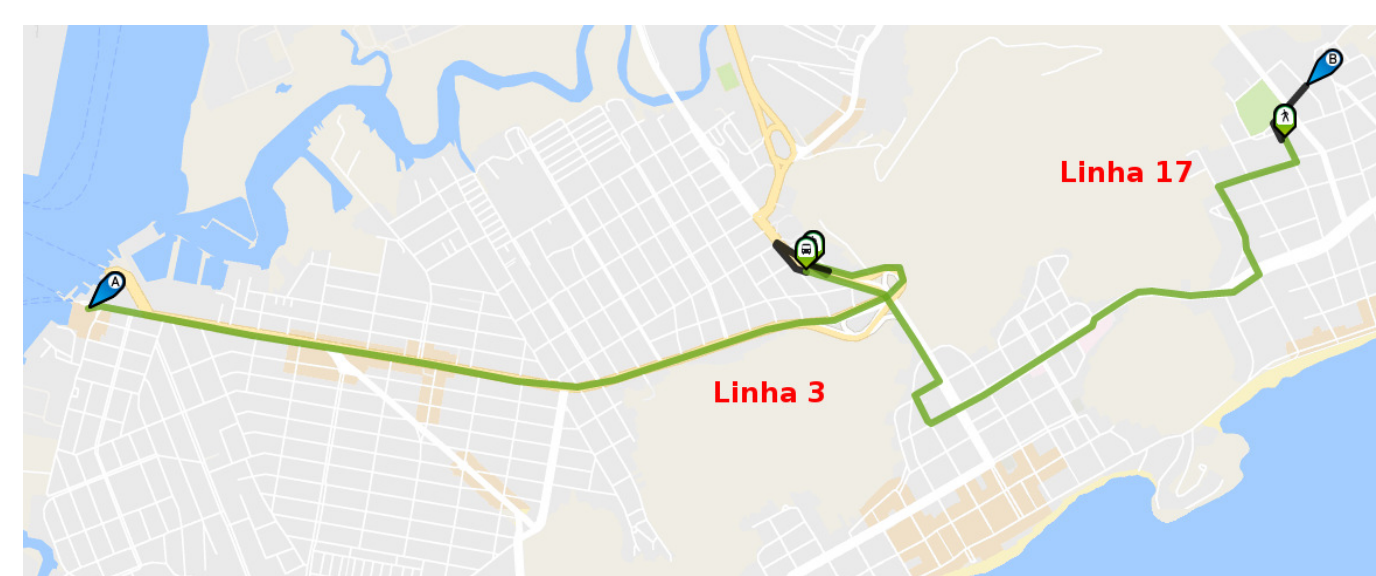
Este algoritmo é uma das funcionalidades do sistema **WPLEX-INFO**, que disponibiliza informações ao passageiro via web ou smartphone. Esta é uma das soluções da **WPLEX Software** direcionada às necessidades das empresas que fornecem o transporte de passageiros por ônibus.

2 - Como montar o Plano de Viagem?

Considere a **rede de transporte** por ônibus, um ponto de **origem** e um de **destino**, além de um **horário em que se quer partir**. Deseja-se obter os melhores planos de viagem com relação às diversas preferências do passageiro. Entretanto é esse que deve decidir sobre a priorização dos objetivos. Assim o usuário pode ponderar por exemplo se tolera caminhar um pouco mais para poder chegar mais cedo. Além disso, para enriquecer o leque de opções oferecidas, buscam-se por soluções que utilizem diferentes itinerários do transporte público.



Exemplo de problema.



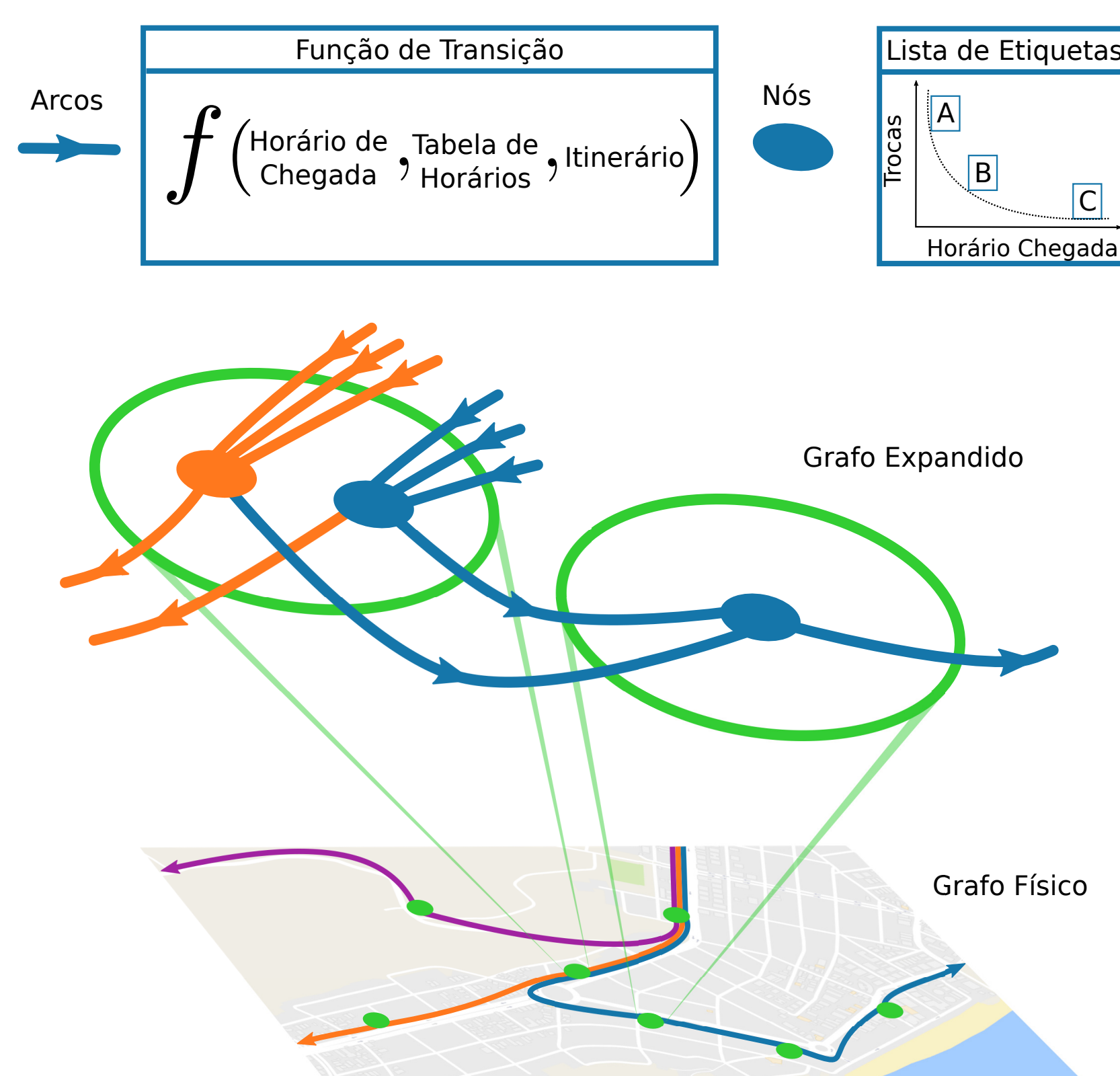
Exemplo de plano de viagem

3 - Descrição do Algoritmo

- O algoritmo desenvolvido é **baseado em etiquetas** e utiliza o **princípio da otimalidade** de Bellman, semelhante ao que faz o algoritmo de Dijkstra.
- Além da rede de transporte leva-se em conta a **tabela de horários dos itinerários**.
- O **grafo** em que se faz a procura é uma expansão da rede física de transporte com os itinerários de todas as viagens consideradas, além de ser dependente do tempo.
- Cada **etiqueta** está associada a um **ponto de parada** e um **itinerário** e contém o valor acumulado dos objetivos desejados, assim como a etiqueta que a origina.
- Cada nó mantém uma **lista de etiquetas** com objetivos **não-dominantes** entre si.

- Enquanto houver etiquetas na fila de prioridades (FP):

1. **Extrair** uma etiqueta da FP
2. **Relaxar** a etiqueta utilizando as **funções de transição**
3. **Verificar** dominância de cada nova etiqueta com relação à **lista de etiquetas (LE)** do nó
 - a. Se **dominada**, descartá-la
 - b. Se **não-dominante**, adicioná-la à LE e à FP
 - c. Se **dominante**, adicioná-la e retirar etiquetas dominadas da LE e da FP



4 - Plano de Viagem Pareto-Ótimo

O algoritmo retorna soluções Pareto-Ótimas para cada itinerário que passa pelo destino. Os planos de viagem obtidos ainda passam por um pós-processamento que filtra e ordena soluções. Para uma dada consulta com três preferências obtemos 14 opções de plano de viagem. Destas, 4 são apresentadas no quadro abaixo:

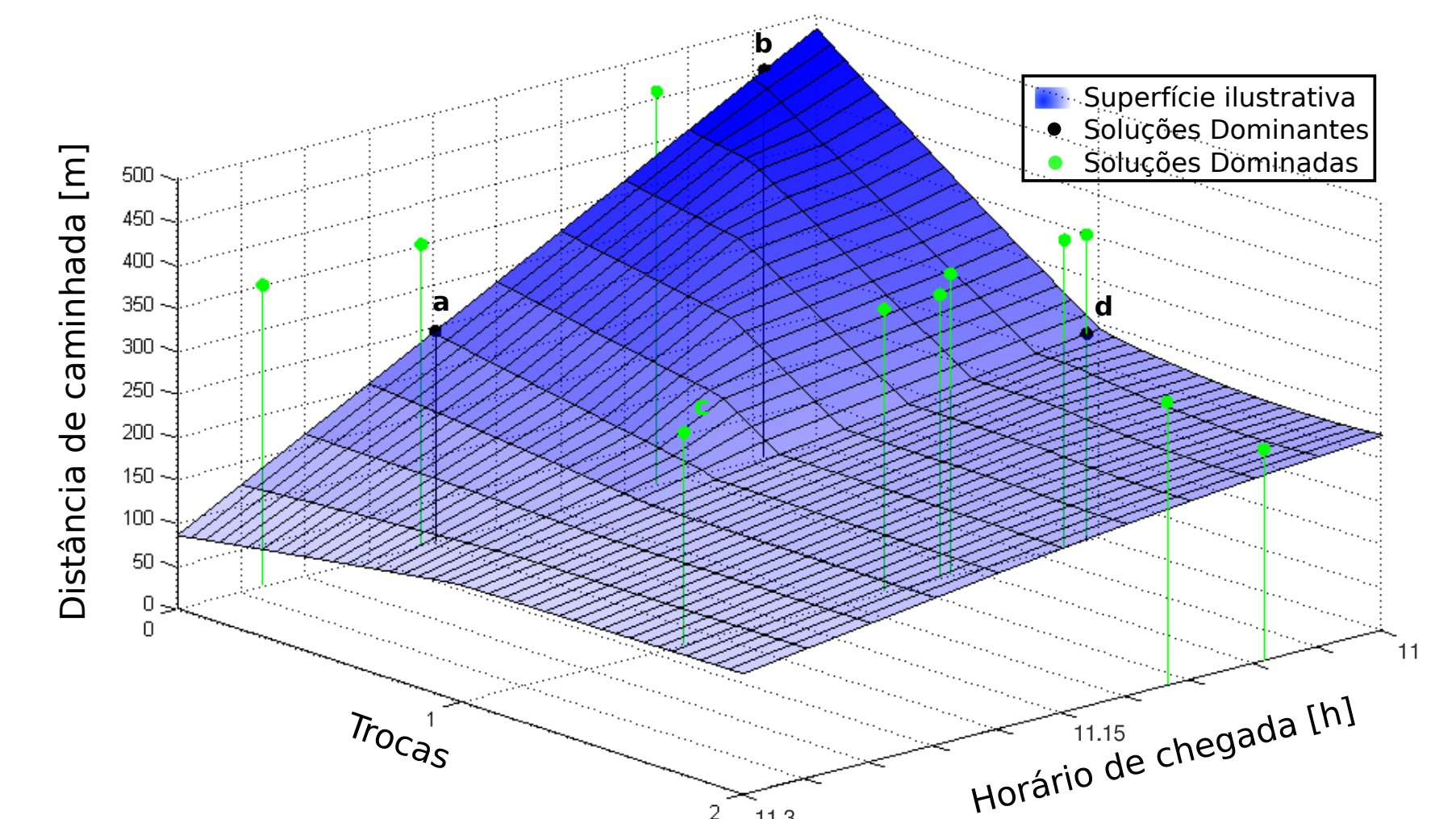


Exemplos de plano de viagem sem troca (a,b)

Exemplos de plano de viagem com uma troca (c,d)

#	Chegada	Trocas	Caminhada
a	11:11	0	245 m
b	11:02	0	450 m
c	11:14	1	245 m
d	11:00	1	220 m

Todas as soluções Pareto-Ótimas são não-dominantes entre si, ou seja, não é possível decidir qual é a melhor sem se fazer uma ponderação entre os critérios.

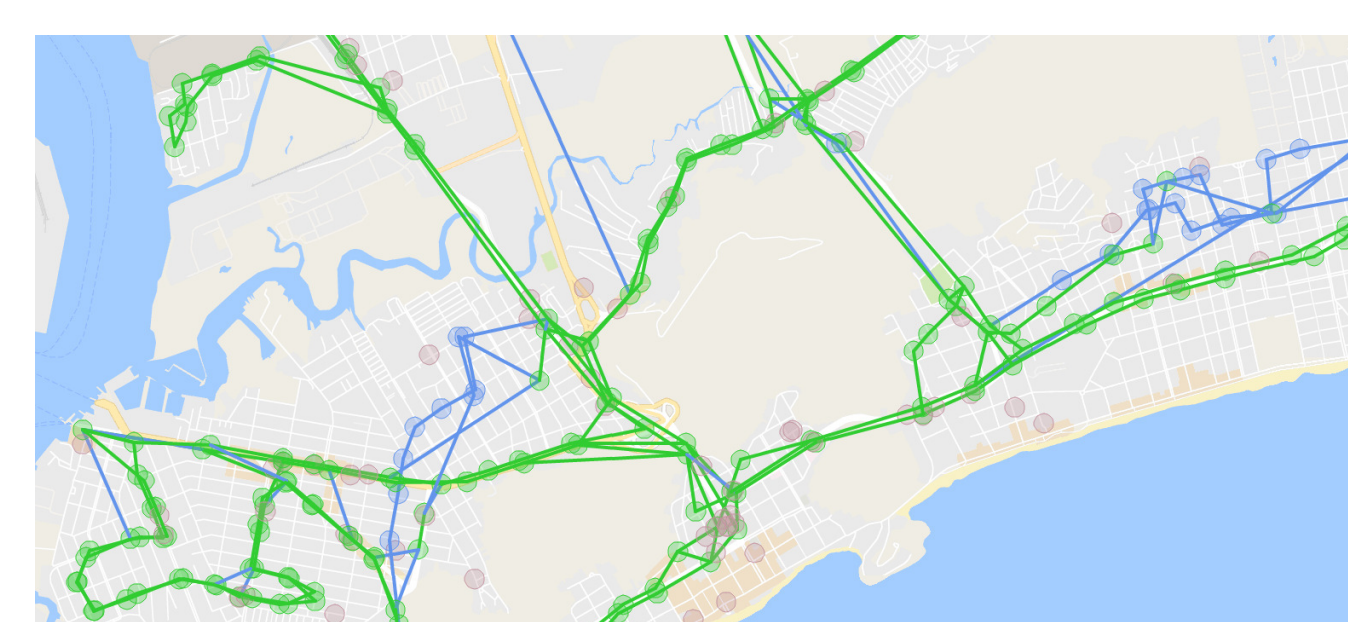


Conjunto de soluções e superfície ilustrativa da fronteira de Pareto

5 - Análise de Desempenho

O estudo de caso foi realizado em uma cidade brasileira com mais de 300.000 habitantes. A frota de transporte público urbano é de aproximadamente 150 ônibus, que realizam **2.364 viagens de 65 itinerários** diariamente.

Grafo	Nós		Arcos		
	pontos referências	total	viários	caminhadas	total
Rede física de transporte	562	135	697	6.198	6.855
Expansão nos itinerários	3.452	135	3.587	307.297	313.495



Parte da rede física com arcos viários



Parte da rede física com arcos de caminhada

Os testes de performance incluem os resultados percentuais para uma busca entre origem-destino de todos para todos os nós da rede física (≈500.000 casos).



[Bas+14] Hannah Bast et al. *Route Planning in Transportation Networks*. Rel. téc. Microsoft Corporation e Karlsruhe Institute of Technology, 2014, pp. 1–56.

[Ber+09] Annabell Berger et al. “Accelerating Time-Dependent Multi-Criteria Timetable Information is Harder Than Expected”. Em: *ATMOS’09*. Vol. 12. Dagstuhl, Germany, 2009.

[Pyr+08] Evangelia Pyrga et al. “Efficient Models for Timetable Information in Public Transportation Systems”. Em: *Journal of Experimental Algorithmics* 12.2 (2008). ISSN: 10846654.

[WH04] Qiuji Wu e Joanna Hartley. “Accommodating User Preferences in the Optimization of Public Transport Travel”. Em: *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology* 5.3-4 (2004), pp. 12–25.