

MAPA DE COMPETITIVIDADE DA CABOTAGEM

Gustavo A. A. da Costa

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Departamento de Engenharia Naval e Oceânica

RESUMO

O modal Rodoviário possui uma relação de concorrência e de complementariedade com a Cabotagem, sendo seu concorrente no transporte de longa distância e complementar no transporte Porta-a-Porta desta. Por sua vez os Armadores e o Ministério da Infraestrutura informam que as características do Brasil, com 7,400 km de Costa e 80% da população vivendo até 300 km da costa, potencializam o transporte por Cabotagem. Porém, os Armadores não disponibilizam ferramentas para que potenciais Clientes possam verificar se suas cadeias logísticas podem ter benefícios com uma mudança de modal. A presente pesquisa tem como objetivo desenvolver uma ferramenta gráfica, em forma de mapas, que, dada uma região de origem, apresente o nível de competitividade da Cabotagem, em relação a custo e emissão de CO₂, comparado ao transporte Rodoviário para todas as regiões de destino. Pretende-se com isso, responder as seguintes questões de pesquisa: (1) quais dados são disponibilizados pelo Governo Brasileiro que possam consubstanciar esta ferramenta? (2) como calcular as rotas do modal Rodoviário o mais próximo possível da realidade? (3) como calcular os custos dos modais Rodoviário e Cabotagem e, finalmente? (4) como desenvolver um aplicativo que apresente em forma de mapas a competitividade entre os dois modais?. Para isso, o método de pesquisa envolveu a análise da base de custos de cada modal e de ferramentas que utilizam informações georreferenciadas para apresentação de dados.

ABSTRACT

The Road transportation mode has a competitive and complementary relationship with Cabotage, being its competitor in long-distance and complementary in Door-to-Door transport. In turn, the Shipowners and the Ministry of Infrastructure report that the characteristics of Brazil, with 7,400 km of coast and 80% of the population living up to 300 km from the coast, enhance cabotage transport. However, Shipowners do not provide tools for potential Customers to verify whether their logistics chains can benefit from a modal shift. This research aims to develop a graphical tool, in the form of maps, that, given a region of origin, presents the level of competitiveness of Cabotage, in relation to cost and CO₂ emission, compared to Road transport for all regions of destiny. It is intended to answer the following research questions: (1) what data are made available by the Brazilian Government that could substantiate this tool? (2) how to calculate the routes of the Road mode as close as possible to reality? (3) how to calculate the costs of the Road and Cabotage modes, and finally? (4) how to develop an application that presents, in the form of maps, the competitiveness between the two modes?. For this, the research method involved the analysis of the cost base of each modal and of tools that use georeferenced information for data presentation.

1. INTRODUÇÃO

O Estudo de Cabotagem desenvolvido pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários (ANTAQ 2020), ressalta o fato de que embora o Brasil possa ser considerado o 14º país do mundo em termos de extensão da costa, se considerar a proporção entre a extensão da costa (km) e a área do país (km²), fica em 154º lugar, em um ranking de 195 países. Esta condição geográfica dificulta e, no caso de toda a região Centro-Oeste, impossibilita o uso da Cabotagem. Além deste fato, a concentração da produção no Brasil faz com que 76,6% do PIB Brasileiro esteja em um raio de apenas 1.100 quilômetros de distância de São Paulo, onde estão os grandes centros produtores e consumidores. O estudo conclui que esta concentração diminui a atratividade da Cabotagem, que é mais competitiva para distâncias superiores a 1,500 km, em relação ao modal Rodoviário.

Rodrigue (2020) discute a relação entre distância, escolha de modal e custo de transporte, que possuem diferentes funções de custo, utilizando uma função de distância linear simples para os modais Rodoviário, Ferroviário e Marítimo, apresentada na Figura 1, comentando que embora o modal Rodoviário tenha um custo menor para distâncias curtas, seu custo aumenta mais rapidamente que os custos dos modais Ferroviário e Marítimo. Observa que à distância D1,

torna-se mais rentável usar o modal Ferroviário do que o Rodoviário, enquanto, à distância D2, o modal Marítimo se torna mais vantajoso. Estas distâncias são referidas como distâncias de equilíbrio. O ponto D1 geralmente está localizado entre 500 e 750 km do ponto de origem, enquanto o D2 fica perto de 1.500 km

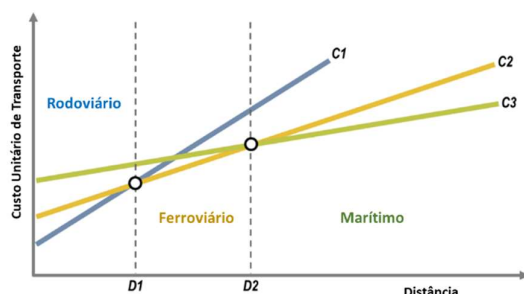


Figura 1: Distância, Escolha de Modal e Custo de Transporte adaptado de Rodrigue (2020)

Nota-se que a observação de que o modal Marítimo é competitivo a partir de distâncias superiores a 1.500 km é compartilhada tanto pela ANTAQ (2020) como por Rodrigue (2020).

Rodrigue (2020) complementa que embora a relação apresentada na Figura 1 seja bastante direta, ela não se encaixa bem na realidade visto que pressupõe que as opções modais são intercambiáveis, porém para muitas origens e destinos os modais Ferroviário ou Marítimo podem não estar disponíveis e, portanto, não podem ser considerados como opções, resultando na utilização de um modal com maior custo. Ressalta que, tanto o modal Ferroviário quanto o Marítimo são redes discretas acessíveis apenas através de terminais, que demandam um segmento do modal Rodoviário, alterando as suas estruturas de custos.

Conclui-se, portanto, pode ser um erro considerar-se apenas uma distância mínima para afirmar que a partir desta, a Cabotagem é competitiva tanto para custo de transporte como para emissão de CO₂.

A presente pesquisa tem como objetivo desenvolver uma ferramenta gráfica, em forma de mapas, que, dada uma região de origem, apresente o nível de competitividade da Cabotagem, em relação a custo e emissão de CO₂, comparado ao transporte Rodoviário para todas as regiões de destino. Pretende-se com isso, responder as seguintes questões de pesquisa: (1) quais dados são disponibilizados pelo Governo Brasileiro que possam consubstanciar esta ferramenta? (2) como calcular as rotas do modal Rodoviário o mais próximo possível da realidade? (3) como calcular os custos dos modais Rodoviário e Cabotagem? e, finalmente, (4) como desenvolver uma aplicativo que apresente em forma de mapas a competitividade entre os dois modais?. Para isso, o método de pesquisa envolveu a análise da base de custos de cada modal e de ferramentas que utilizam informações georreferenciadas para apresentação de dados. Este trabalho está estruturado em cinco seções, sendo a primeira esta introdução, na qual apresenta-se uma contextualização e descrevem-se a questão de pesquisa e o objetivo do estudo. Em seguida, o referencial teórico, que estabelece conceitos e fundamentos sobre a temática; o método de pesquisa, que inclui o procedimento de levantamento e seleção de dados, a análise de ferramentas para geração de mapas, e o desenvolvimento do aplicativo; e, finalmente, são apresentadas as considerações finais.

2. CUSTO e EMISSÃO DE CO₂ DOS MODAIS RODOVIÁRIO E CABOTAGEM

2.1 CUSTO - MODAL RODOVIÁRIO

O modal Rodoviário possui a maior participação na Matriz de Transportes Brasileira. De acordo com o Plano Nacional de Logística 2025 desenvolvido pela Empresa de Planejamento e Logística (EPL 2018), sua participação é de 64% no cenário base do estudo e chega a 59% no ano de 2025 com adoção das ações nele propostas. Para maior entendimento sobre o histórico do desenvolvimento dos modais de transportes no Brasil, sugere-se a leitura dos trabalhos de Natal (1991), Gordinho (2003), DENIT (2012) e Pereira e Lessa (2011).

A importância deste modal também é refletida na produção científica Brasileira. Uma consulta ao Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (2020) com a chave de busca igual a “Transporte Rodoviário” resulta em 18,079 Dissertações de Mestrado e 7,367 Teses de Doutorado. Porém esta pesquisa não faz referência aos trabalhos já desenvolvidos sobre a estrutura de custos e fretes do modal Rodoviário e utiliza a metodologia e valores dispostos na Resolução Nº 5.867, de 14 de Janeiro de 2020 da Agência Nacional de Transportes Rodoviários - ANTT (ANTT 2020). Esta resolução estabelece as regras gerais, a metodologia e os coeficientes dos pisos mínimos, referentes ao quilômetro rodado na realização do serviço de transporte rodoviário remunerado de cargas, por eixo carregado, instituído pela Política Nacional de Pisos Mínimos do Transporte Rodoviário de Cargas - PNPM-TRC.

É importante mencionar alguns dos itens desta resolução que devem ser considerados nesta pesquisa:

- Carga geral: é a carga embarcada e transportada com acondicionamento, com marca de identificação e com contagem de unidades;
- Carga containerizada: é a carga embarcada e transportada no interior de contêineres;
- Frete: é pagamento realizado ao transportador rodoviário de cargas, inscrito no Registro Nacional de Transportadores Rodoviários de Cargas - RNTRC, referente ao serviço de transporte para a movimentação de cargas realizado em vias públicas, no território nacional, por conta de terceiros, com origem e destino fixados em contrato;
- Tempo de carga e descarga: é o tempo total em que o veículo realiza os procedimentos de carga e descarga, incluindo o tempo de pesagem, tempo de checagem e liberação de documentos;
- Transporte rodoviário de carga lotação: é serviço de transporte objeto de um único contrato de transporte, envolvendo um único contratante da totalidade da capacidade de carga da composição veicular, entre um par origem e destino e acobertado por um único Conhecimento de Transporte ou Nota Fiscal;
- Não integram o cálculo do piso mínimo: lucro, pedágios e valores relacionados às movimentações logísticas complementares ao transporte rodoviário de cargas com uso de contêineres;
- O pagamento do retorno vazio é obrigatório para o transporte de contêineres;
- Os pisos mínimos de frete devem ser calculados por meio dos coeficientes de deslocamento (CCD) e dos coeficientes de carga e descarga (CC);
- Para o caso de operações de Transporte Rodoviário de Carga Lotação, calcula-se o valor do piso mínimo de frete pela multiplicação da distância (d) percorrida entre a origem e o destino, em quilômetros, pelo coeficiente de deslocamento (CCD) em R\$/km somado ao coeficiente de carga e descarga (CC) em R\$;

- O pagamento do retorno vazio obrigatório é calculado como sendo 92% (noventa e dois por cento) do valor do coeficiente de custo de deslocamento (CCD) da composição veicular utilizada multiplicado pela distância de retorno, conforme fixado em contrato.

A definição dos parâmetros utilizados nesta pesquisa é baseada na última atualização da Resolução 5.867 que é a Resolução nº 5.890, de 26 de Maio de 2020, com os valores de CCD e CC atualizados e apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Pisos mínimos para carga lotação.

Tipo de carga	Coeficiente de custo	unidade	Número de eixos carregados do veículo combinado						
			2	3	4	5	6	7	9
Containerizada	Deslocamento (CCD)	R\$/km		2,4345	2,8788	3,2022	3,6614	3,9519	4,5072
	Carga e descarga (CC)	R\$		246,93	283,75	292,84	332,70	356,91	389,88
Carga Geral	Deslocamento (CCD)	R\$/km	1,9554	2,4345	2,8788	3,2022	3,6614	3,9519	4,5072
	Carga e descarga (CC)	R\$	218,24	246,93	283,75	292,84	332,70	356,91	389,88

De acordo com a metodologia acima exposta, define-se os seguintes parâmetros para o cálculo do custo dos transportes rodoviários diretos e de ponta da Cabotagem, considerando-se carga geral para o modal Rodoviário e containerizada para a Cabotagem:

- Número de eixos (nEixos) = 6;
- Custo por quilometro modal Rodoviário (cKmRod) = 3.6614;
- Custo por quilometro modal Cabotagem (cKmCab) = 3.6614 x 1.92 = 7.029888, com retorno do contêiner vazio;
- Custo de Carga e Descarga = 0, para os dois modais;
- Sem custos de pedágios para os dois modais.

Considera-se também a aplicação de Ad Valorem para cobertura do seguro de transporte da carga entre as origens e destinos e o valor da carga (valorCarga) igual a R\$ 100,000. Os valores de Ad Valorem utilizados nesta pesquisa foram obtidos com um Cliente que utiliza os dois modais. O valor do seguro de cada modal é calculado multiplicando-se o valor da carga pelo respectivo valor de Ad Valorem:

Ad Valorem Rodoviário (avRod) = 0,40 % x R\$ 100,000 = R\$ 400

Ad Valorem Cabotagem (avCab) = 0,20 % c R\$ 100,000 = R\$ 200

2.2 CUSTO - MODAL CABOTAGEM

A Lei nº 9.432, de 8 de Janeiro de 1997, define a Navegação de Cabotagem como a realizada entre portos ou pontos do território brasileiro, utilizando a via marítima ou esta e as vias navegáveis interiores. Em Junho de 2020, 42 empresas estavam autorizadas a operar na cabotagem (ANTAQ 2020A), sendo que apenas três operam regularmente no segmento de contêineres: Aliança Navegação e Logística Ltda; Log-In Logística Intermodal S.A e Mercosul Line Navegação e Logística Ltda. A movimentação de contêineres cheios tem crescido de modo constante nos últimos anos, em média 21,9% de 2010 a 2019, alcançando 1,969,898 teus em 2019 (ANTAQ 2020B).

A aparente menor importância deste modal em relação ao Rodoviário é refletida na produção científica Brasileira. Uma consulta ao Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES (2020) com a chave de busca igual a “Cabotagem” resulta em 59 Dissertações de Mestrado 20 Teses de Doutorado. Entre estas, destacam-se os trabalhos de Farias (2016), e de Teixeira (2007). Estes trabalhos são estudos de casos e possuem foco no mercado concorrencial entre os modais Rodoviário e Cabotagem.

Teixeira (2007) avaliou as opções de transporte intermodal em conexão com a região amazônica utilizando modelos de custo para os modais Rodoviário, Ferroviário, Marítimo e Fluvial, Foram consideradas as rotas São Paulo–Manaus e São Paulo–Belém nas análises. Os custos de cada modal foram desenvolvidos baseados em modelos de custos desagregados. Para o modal Marítimo considerou o custo de uma viagem marítima somada ao custo operacional do contêiner e concluiu que as opções de rotas rodo-marítimas e rodo-fluviais apresentam significativas reduções de custo em relação às rotas puramente rodoviárias.

Farias (2016) avaliou a utilização da Cabotagem como alternativa de transportes para uma montadora de motos do Polo Industrial de Manaus, considerando os aspectos de redução de custos operacionais. O trabalho é de cunho investigativo e qualitativo, sendo que os custos da Cabotagem foram obtidos a partir de consulta aos Armadores e os custos Rodoviários com as principais transportadoras em Manaus. Considerando a origem como Manaus - AM e destino Uberlândia – MG, conclui que a utilização da Cabotagem gerou uma redução de 16.4% no custo de frete em relação ao Rodoviário.

Nesta pesquisa, considera-se que o custo total da Cabotagem (cTCab) é composto por:

- Custo rodoviário na origem (cOCab): calculado de acordo com a distância da origem da carga até o porto de embarque aplicando-se a PNPM-TRC:

$$cOCab = distancia(Origem-Porto de Embarque) * cKmCab$$

- Custo Porto-Porto (cPCab): obtido a partir de consulta com um Cliente embarcador da Cabotagem;

- Custo rodoviário no destino (cDCab): calculado de acordo com a distância do porto de descarga até o local de destino da carga, aplicando-se a PNPM-TRC:

$$cDCab = distancia(Porto de Embarque-Destino) * cKmCab,$$

2.3 EMISSÃO DE CO₂

A crescente preocupação de algumas empresas com a redução do impacto ambiental de suas cadeias logísticas é um fator de competitividade para a Cabotagem e os três Armadores exploram comercialmente esta vantagem em seus programas de marketing.

Entre as Dissertações e Teses pesquisadas na CAPES, destacam-se os trabalhos de Barbosa (2018) e de Rodrigues (2019). Estes trabalhos podem ser classificados tendo como tema a Sustentabilidade e como foco o mercado concorrencial entre os modais Rodoviário e Cabotagem.

Barbosa (2018) desenvolve sua pesquisa como um estudo de caso de uma empresa fabricante de bens de consumo que utilizava a Cabotagem em parte de suas cadeias logísticas e que já havia obtido benefícios como: a redução significativa do número de acidentes; custo com seguro e fretes; avarias; e assertividade nos prazos de entrega para seus Clientes. A Empresa também possuía objetivos de redução de CO₂. O cálculo das emissões de CO₂ foi baseado na Norma EN-16258. Esta Norma Europeia estabelece uma metodologia comum para o cálculo e a declaração de consumo de energia e emissões de gases de efeito estufa (GEE) relacionados a qualquer serviço de transporte (de carga, passageiros ou ambos). Utilizando dados dos embarques realizados em quatro meses, concluiu que a utilização da Cabotagem evitou a emissão de 26,645 toneladas de CO₂.

Rodrigues (2019) desenvolve sua pesquisa considerando o transporte de/para Manaus pela Cabotagem e pelo transporte Rodo-Fluvial. A comparação entre as duas opções é feita com o método de cálculo baseado na energia ou atividade. As emissões são calculadas para cada uma das etapas envolvidas no transporte porta-a-porta de cada opção. Conclui que para a rota São Paulo-Manaus a utilização da Cabotagem reduz a emissão de CO₂ em 40%, para a rota Manaus-Recife em 54% e para a rota Porto Alegre-Recife em 63%.

Para esta pesquisa define-se os parâmetros de emissão de CO₂ baseados em ECTA (2020):

Emissão do modal Rodoviário (emiRod) = 40.2 g CO₂ / t * km

Emissão do modal Cabotagem (emiCab) = 16.0 g CO₂ / t * km

Considera-se também o peso da carga (pesoCarga) igual para os dois modais de 28 t.

2.4. METODOLOGIA PARA CÁLCULO DA COMPETITIVIDADE EM CUSTO

O cálculo do custo total no modal Rodoviário (CTRod) é feito com a aplicação direta PNPM-TRC adicionando-se o custo de seguro:

$$cTRod = distancia(Origem-Destino) * cKmRod + valorCarga * avRod$$

Substituindo-se os valores:

$$cTRod = distancia(Origem-Destino) * 3.6614 + 400 \quad (1)$$

Por sua vez o cálculo do custo total no modal Cabotagem (CTCab) é feito com a aplicação direta da PNPM-TRC nos transportes rodoviários da Origem ao Porto de Embarque e do Porto de Descarga ao Destino, adicionando-se o custo Porto-Porto e o custo de seguro:

$$cTCab = cOCab + cPCab + cDCab + valorCarga * avCab$$

Substituindo-se os valores:

$$cTCab = [distancia(Origem-Porto Embarque) + distancia(Porto Descarga-Destino)] * 7.029888 + cPCab + 200 \quad (2)$$

A competitividade em custos da Cabotagem é calculada por:

$$\text{pctCusto} = 1 - (\text{cTCab} / \text{cTRod}) \quad (3)$$

2.5. METODOLOGIA PARA CÁLCULO DA COMPETITIVIDADE EM CO₂

O cálculo da emissão de CO₂ no modal Rodoviário (emiTRod) é feito multiplicando-se a distância rodoviária pelo seu fator de emissão e pelo peso da carga:

$$\text{emiTRod} = \text{distancia(Origem-Destino)} * \text{emiRod} * \text{pesoCarga}$$

Substituindo-se os valores:

$$\text{emiTRod} = \text{distancia(Origem-Destino)} * 1,125.6 \quad (4)$$

Já o cálculo da emissão de CO₂ no modal Cabotagem (emiTCab) é feito calculando-se a emissão dos transportes rodoviários na origem e no destino, notando que se deve considerar o dobro da distância devido ao retorno para devolução do contêiner vazio, e da emissão do trajeto marítimo entre os portos. ANTAQ (2020C) disponibiliza as tabelas com as distâncias entre os portos Brasileiros em milhas e em quilômetros. Considera-se neste trabalho os dados em quilômetros.

A emissão no trecho rodoviário da Origem até o porto de Embarque (emiOCab) é calculada considerando-se a distância e o parâmetro de emissão do modal Rodoviário:

$$\text{emiOCab} = \text{distancia(Origem-Porto Embarque)} * 2 * \text{emiRod} * \text{pesoCarga}$$

O mesmo cálculo é feito para a emissão entre o Porto de Descarga e o Destino (emiDCab). Logo,

$$\text{emiDCab} = \text{distancia(Porto Descarga-Destino)} * 2 * \text{emiRod} * \text{pesoCarga}$$

A emissão entre o porto de Embarque e o porto de Descarga (emiPCab) é calculada considerando a distância entre os portos e o parâmetro de emissão do modal Cabotagem:

$$\text{emiPCab} = \text{distancia(Porto Origem-Porto Destino)} * \text{emiCab} * \text{pesoCarga}$$

Logo, a emissão total do modal Cabotagem é:

$$\text{emiTCab} = \text{emiOCab} + \text{emiPCab} + \text{emiDCab}$$

Substituindo os valores,

$$\text{emiTCab} = [\text{distancia(Origem-Porto Embarque)} + \text{distancia(Porto Descarga-Destino)}] * 2,251.2 + \text{distancia(Porto Origem-Porto Destino)} * 532 \quad (5)$$

A competitividade da Cabotagem em emissão de CO₂ é calculada por:

$$\text{pctCO2} = 1 - (\text{emiTCab} / \text{emiTRod}) \quad (6)$$

2.6 VISUALIZAÇÃO GRÁFICA DOS CUSTOS E EMISSÕES DE CO₂

Os itens de custos e emissão de CO₂ podem ser visualizados na Figura 2, onde A representa a Origem da carga, P_O o porto de Embarque, P_D o porto de Descarga e B o destino da carga.

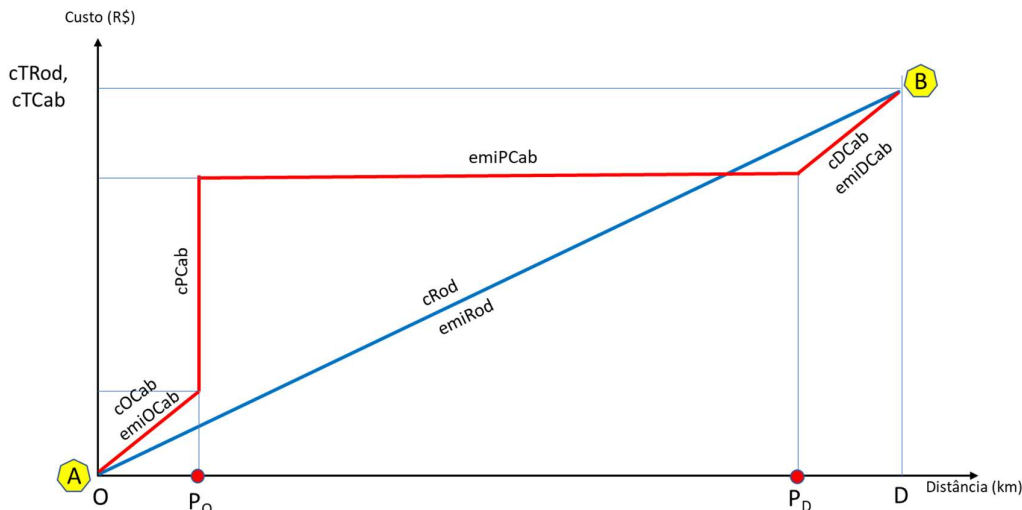


Figura 2: Custos e emissão de CO₂.

Analisando a Figura 2, pode-se concluir que a Cabotagem só será competitiva se a soma da distância entre a Origem para o Porto de Embarque e do Porto de Descarga para o Destino forem muito menores que a distância rodoviária entre a Origem e o Destino. Ou seja, deve existir um limite máximo de penetração da Cabotagem a partir da costa Brasileira.

4. MÉTODO DE PESQUISA

Para alcançar o objetivo do estudo, buscou-se analisar as ferramentas para cálculo de distâncias e de mapas dinâmicos que fossem de uso público, gratuitos e disponíveis na Internet. A pesquisa inclui as seguintes etapas: (1) geração da matriz de origens e destinos (2) cálculo dos custos e emissão de CO₂ para os modais Rodoviário e Cabotagem; (3) desenvolvimento do aplicativo de mapas.

4.1 GERAÇÃO DA MATRIZ DE ORIGENS E DESTINOS

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE é o principal provedor de dados e informações do País e a produção, análise e consolidação de informações geográficas é uma de suas principais funções. A divisão regional do Brasil tem sua última atualização no ano de 2017 (IBGE 2020) e modificou o quadro regional anterior, que era baseado em Mesorregiões e Microrregiões Geográficas e produzido na década de 1980. A nova divisão regional possui 5,570 Regiões Geográficas Imediatas (ou municípios) e 135 Regiões Intermediárias (que correspondem a uma escala intermediária entre as Unidades da Federação e as Regiões Geográficas Imediatas). Esta pesquisa utiliza as Regiões Geográficas Intermediárias para obter um equilíbrio entre a quantidade de origens e destinos e a visualização destas em Mapas dinâmicos. Os dados destas regiões podem ser obtidos diretamente do site do IBGE (arquivos Excel e Shape). Além das Regiões Intermediárias a Matriz O/D inclui 16 Portos para movimentação de contêineres (Anexo 1), resultando em uma matriz com dimensão de 151 x 151, ou 22,801 elementos.

É importante observar que a tabela de distância entre os portos da ANTAQ não inclui os portos de Itapoá e Pecém. Utilizou-se o aplicativo *Google Earth* para definir as coordenadas geográficas destes portos.

Para obtenção das distâncias rodoviárias aderentes à realidade, utiliza-se a Interface de Programação de Aplicativos do Google Maps *Distance Matrix* (GOOGLE 2020) em um algoritmo escrito em Python para cálculo das distâncias de todas as origens para todos os destinos da matriz utilizando as coordenadas geográficas das Regiões Intermediárias e dos Portos. É importante observar que os termos de uso do Google Maps API restringem a divulgação das distâncias calculadas. As distâncias dos 22,801 elementos da matriz O/D foi obtida com um tempo de processamento de 27 minutos.

Algumas Regiões Intermediárias não possuem acesso rodoviário direto (a API do Google Maps não retornou com as suas respectivas distâncias) e as seguintes premissas foram adotadas:

- Regiões Intermediárias Tefé e Parintins: considera-se que o acesso as duas regiões é fluvial a partir de Manaus. A matriz O/D é corrigida considerando-se as distâncias de/para Tefé e Parintins iguais aos valores de/para Manaus para os dois modais.

- Região Intermediária Breves: o acesso a Breves é fluvial a partir de Belém para o modal Rodoviário e a partir de Vila do Conde para a Cabotagem. Considera-se que o custo do transporte fluvial é igual para os dois modais. A matriz O/D é corrigida adotando-se os valores das distâncias de/para Breves pelos valores de/para Belém no caso do modal Rodoviário e pelos valores de/para o porto de Vila do Conde no caso da Cabotagem.

- Regiões Intermediárias Macapá e Oiapoque – Porto Grande: o acesso ao estado do Amapá é fluvial a partir de Belém para o modal Rodoviário e a partir do porto de Vila do Conde para a Cabotagem. Considera-se que o custo do transporte fluvial é igual para os dois modais e a Matriz O/D é corrigida adotando-se os valores das distâncias de/para Macapá e Oiapoque pelos valores de/para Belém no caso do modal e pelos valores de/para o Porto de Vila do Conde no caso da Cabotagem.

É importante ressaltar que esta pesquisa considera que o acesso do modal Rodoviário à Manaus é feito pela BR 319, que embora ainda não permita o transporte de modo regular e confiável é intensão do Ministério da Infraestrutura finalizar o asfaltamento desta rodovia em 2020.

A matriz O/D também é utilizada para definir o porto preferencial para cada uma das regiões, ou seja, para cada Região Intermediária é definido o porto que possui a menor distância até ela.

Uma vez definida a matriz O/D, utiliza-se a metodologia definida nos Itens 2.5 e 26 para cálculo dos custos e emissões de CO₂ dos modais Rodoviário e Cabotagem e da competitividade da Cabotagem em relação ao Rodoviário. Todos os cálculos foram feitos em planilhas Excel e os resultados foram formatados com a utilização do aplicativo *Mr. Data Converter* (MDC 2020) em arquivos para utilização pelo aplicativo desenvolvido em JavaScript.

Para visualização do nível de competitividade nos mapas, define-se a seguinte paleta de cores apresentada na Figura 3.



Figura 2: Paleta de cores e níveis de competitividade da Cabotagem.

4.2 GERAÇÃO DOS MAPAS DE COMPETITIVIDADE

O aplicativo para mapas de competitividade em custo e em emissão de CO₂ foi desenvolvido utilizando-se as linguagens de programação HTML5 e JavaScript, tendo como base a biblioteca JavaScript de código aberto para mapas interativos do Leaflet (LEAFLET 2020).

A interatividade dos mapas consiste em clicar sobre uma das Regiões Intermediárias e apresentar o nível de competitividade, utilizando um padrão de cores, para cada uma das regiões. As Figuras 3 e 4 apresentam dois exemplos do aplicativo.

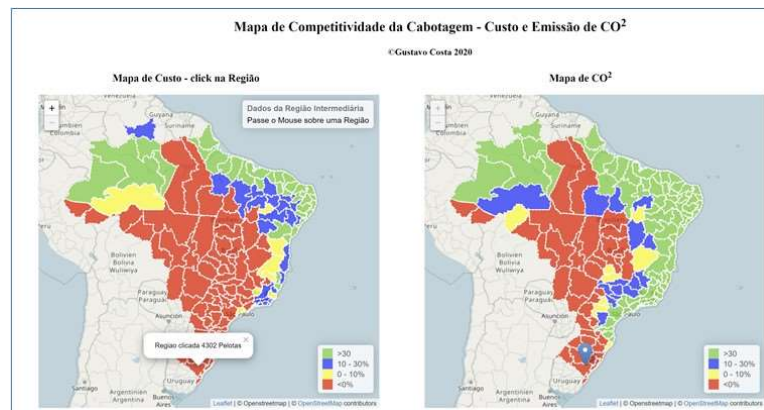


Figura 3: Exemplo de utilização do aplicativo para a Região Intermediária de Pelotas

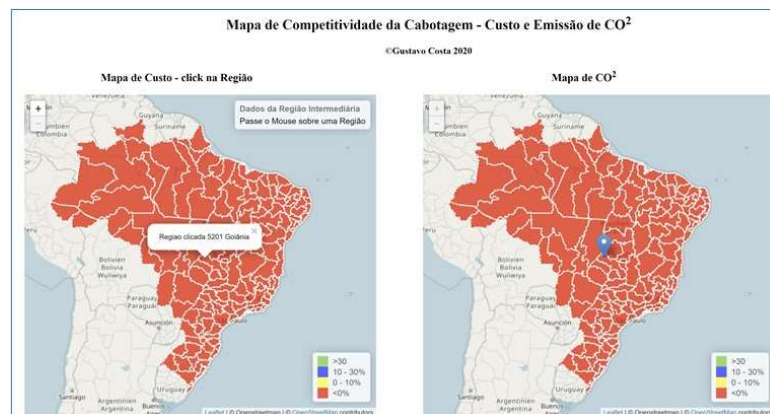


Figura 4: Exemplo de utilização do aplicativo para a Região Intermediária de Goiânia

O arquivo shape das Regiões Intermediárias obtido do IBGE foi convertido em um arquivo no formato GeoJSON, que é um formato usado para intercâmbio de dados geoespaciais, para ser

utilizado pelo aplicativo desenvolvido em JavaScript. A conversão foi feita utilizando-se o aplicativo QGIS, que é um software livre com código-fonte aberto, multiplataforma, de sistema de informação geográfica que permite a visualização, edição e análise de dados georreferenciados (QGIS 2020). Foram acrescentados dois campos adicionais ao arquivo original para armazenamento dos dados da competitividade em custo (pctCusto) e da competitividade em emissão de CO₂ (pctCO2).

O Anexo 2 apresenta o fluxograma básico do aplicativo de mapas de competitividade.

5. CONCLUSÕES

A presente pesquisa tem como objetivo desenvolver uma ferramenta gráfica, em forma de mapas, que, dada uma região de origem, apresente o nível de competitividade da Cabotagem, em relação a custo e emissão de CO₂, comparado ao transporte Rodoviário para todas as regiões de destino. Pretende-se com isso, responder as seguintes questões de pesquisa: (1) quais dados são disponibilizados pelo Governo Brasileiro que possam consubstanciar esta ferramenta? (2) como calcular as rotas do modal Rodoviário o mais próximo possível da realidade? (3) como calcular os custos dos modais Rodoviário e Cabotagem? e, finalmente, (4) como desenvolver um aplicativo que apresente em forma de mapas a competitividade entre os dois modais?.

Como resultado desta pesquisa pode-se responder as questões propostas:

- (1) O IBGE possui uma excelente base de dados georreferenciadas e disponibiliza vários formatos de arquivos para download. Por sua vez a ANTAQ não possui uma matriz de distância entre os portos atualizada;
- (2) A utilização da API *Distance Matrix* do Google possibilitou o cálculo de uma matriz de Origem/Destino muito próxima da realidade, exceto pelas Regiões Intermediárias que não possuem acesso rodoviário direto;
- (3) Como a indústria do Transporte Marítimo é caracterizada por ser hermética e não divulgar dados de custos ou receitas que possibilitem o desenvolvimento de pesquisas acadêmicas com parâmetros mais aderentes à realidade optou-se por consultar um Cliente usuário da Cabotagem para obtenção dos valores dos fretes Porto-a-Porto. Por sua vez, o cálculo dos custos referentes ao transporte rodoviário fica bastante facilitado com a aplicação da Resolução N° 5.867, de 14 de Janeiro de 2020 da ANTT;
- (4) O desenvolvimento do aplicativo envolveu programação em HTML5 e JavaScript (além de Python para a matriz O/D) e utilização de diversos outros aplicativos para conversão de arquivos e, principalmente, para geração dinâmica dos mapas.

A utilização do aplicativo mostra que este apresenta resultados coerentes com a expectativa de que a Cabotagem é mais competitiva para longas distâncias, e que as regiões do centro-oeste apresentam um desafio para os Armadores de Cabotagem participarem das cadeias logísticas dos Clientes ali localizados, que são, principalmente, do agronegócio.

Em relação às futuras pesquisas, sugere-se:

- (1) Analisar a utilização de Terminais de Contêineres Interiores (ICT – *Inland Container Terminal* na literatura) de modo a reduzir o custo do transporte rodoviário referente ao

retorno (ou coleta) do contêiner vazio, aumentando assim a competitividade da Cabotagem para as regiões mais distantes dos portos;

- (2) Expansão deste aplicativo para o nível de Região Imediata (Municípios) buscando um aplicativo que não possua as restrições de uso que o API *Distance Matrix* do Google possui.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANTAQ (2020), Agência Nacional de Transportes Aquaviários. *Estudo de Cabotagem*. Disponível em http://portal.antaq.gov.br/wp-content/uploads/2020/02/Estudo_Cabotagem_06-02.pdf. Acesso em 25/06/2020.
- ANTAQ (2020A), Agência Nacional de Transportes Aquaviários. *Navegação Marítima - Empresa Autorizada*. Disponível em <http://web.antaq.gov.br/Portal/Frota/ConsultarEmpresaAutorizada.aspx>. Acesso em 25/06/2020.
- ANTAQ (2020B), Agência Nacional de Transportes Aquaviários. *Anuário Estatístico Aquaviário*. Disponível em <http://web.antaq.gov.br/Anuario/>. Acesso em 25/06/2020.
- ANTAQ (2020C), Agência Nacional de Transportes Aquaviários. *Distância entre os principais Portos Brasileiros*. Disponível em <http://web.antaq.gov.br/portalv3/Anuarios/Portuario2008/pdf/DistanciaEntrePortos.pdf>. Acesso em 25/06/2020.
- ANTT (2020), Agência Nacional de Transportes Terrestres. *Resolução nº 5.867, de 14 de Janeiro de 2020*. Disponível em http://www.antt.gov.br/backend/galeria/arquivos/2020/01/16/Resolucao_58672020_Completa.pdf. Acesso em 25/06/2020.
- Barbosa, L. P. (2018). *Sustentabilidade e competitividade na cadeia logística: redução de emissões de gases de efeito estufa com o uso do modal de transporte cabotagem: estudo de caso*. Dissertação de Mestrado, Escola de Administração de Empresas de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas .
- CAPES (2020), Catálogo de Teses e Dissertações. Disponível em <http://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses/#/>. Acesso em 25/06/2020.
- DENIT (2012), *Breve Histórico Sobre a Evolução do Planejamento Nacional de Transportes*, Disponível em <https://transportadormineiro.files.wordpress.com/2012/09/historico-do-planejamento-de-transportes.pdf>, Acesso em 06 Fevereiro 2020.
- ECTA (2020), *Guidelines for Measuring and Managing CO₂ Emission from Freight Transport Operations*. Disponível em https://www.ecta.com/resources/Documents/Best%20Practices%20Guidelines/guideline_for_measuring_and_managing_co2.pdf. Acesso em 25/06/2020.
- EPL (2018), Empresa de Planejamento e Logística S.A. *Plano Nacional de Logística PNL – 2025*. Disponível em <https://www.epl.gov.br/plano-nacional-de-logistica-pnl>. Acesso em 25/06/2020.
- Farias, M. J. L. D. (2016). *A cabotagem como alternativa para redução de custos logísticos em uma empresa do subsector de duas rodas do Polo Industrial de Manaus*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Amazonas.
- GOOGLE (2020). Google Maps Platform. Disponível em <https://cloud.google.com/maps-platform?hl=pt>. Acesso em 25/06/2020.

- Gordinho, M. C. (2003), *Transportes no Brasil: a opção rodoviária*, Editora Marca D' Água, 2003.
- IBGE (2020), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Divisão Regional do Brasil*. Disponível em https://www.ibge.gov.br/apps/regioes_geograficas/. Acesso em 25/06/2020.
- LEAFLET (2020). Leaflet. Disponível em <https://leafletjs.com/>. Acesso em 25/06/2020.
- MDC (2020). Mr. Data Converter. Disponível em <https://shancarter.github.io/mr-data-converter/>. Acesso em 25/06/2020.
- Natal, J. L. A. (1991). *Transporte, Ocupação Do Espaço E Desenvolvimento Capitalista no Brasil: História e Perspectivas*. 1991. Disponível em <https://revistas.fee.tche.br/index.php/ensaios/article/view/1443/1808>. Acesso em 06 Fevereiro 2020.
- Pereira, L. G. e Lessa, S. N. (2011). *O Processo de Planejamento e Desenvolvimento do Transporte Rodoviário no Brasil*. Revista On Line Caminhos de Geografia. 2011. Disponível em <http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/16414>. Acesso em 06 Fevereiro 2020.
- QGIS (2020). A Free and Open Source Geographic Information System. Disponível em: <https://www.qgis.org/en/site/>. Acesso em 25/06/2020.
- Rodrique, J-P. (2020). *The Geography of Transport Systems*. Disponível em <https://transportgeography.org>. Acesso em 25/06/2020.
- Rodrigues, E. R. (2019). *Logística de baixo carbono: avaliação da eficiência do modal cabotagem no transporte de longa distância*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo.
- Teixeira, K. M. (2007). *Investigação de opções de transporte de carga geral em contêineres nas conexões com a região Amazônica*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo.

Anexo 1 – Regiões Intermediárias e Portos

Código	Nome Região Intermediária / Porto	Latitude	Longitude	Código	Nome Região Intermediária / Porto	Latitude	Longitude
1101	PORTO VELHO	-8.768892	-63.831446	3112	PATOS DE MINAS	-18.592571	-46.515916
1102	JI-PARANÁ	-10.882051	-61.945095	3113	DIVINÓPOLIS	-20.142074	-44.893886
1201	RIO BRANCO	-9.978299	-67.810529	3201	VITÓRIA	-20.320154	-40.322209
1202	CRUZEIRO DO SUL	-7.630690	-72.672531	3202	SÃO MATEUS	-18.718447	-39.858201
1301	MANAUS	-3.134691	-60.023335	3203	COLATINA	-19.536270	-40.630318
1302	TEFÉ	-3.348372	-64.708420	3204	CACHOEIRO DE ITAPEMIRIM	-20.850112	-41.111919
1303	LÁBREA	-7.261947	-64.794773	3301	RIO DE JANEIRO	-22.876652	-43.227875
1304	PARINTINS	-2.627053	-56.736292	3302	VOLTA REDONDA - BARRA MANSA	-22.509968	-44.093522
1401	BOA VISTA	2.816682	-60.670533	3303	PETRÓPOLIS	-22.510599	-43.177337
1402	RORAINÓPOLIS - CARACARAI	1.803871	-61.149177	3304	CAMPOS DOS GOYTACAZES	-21.751899	-41.330476
1501	BELÉM	-1.459845	-48.487826	3305	MACAÉ - RIO DAS OSTRAS - CABO FRIO	-22.368705	-41.775064
1502	CASTANHAL	-1.295757	-47.926643	3501	SÃO PAULO	-23.567387	-46.570383
1503	MARABÁ	-5.352606	-49.142025	3502	SOROCABA	-23.499323	-47.457853
1504	REDENÇÃO	-8.027605	-50.029642	3503	BAURU	-22.325123	-49.083001
1505	SANTARÉM	-2.436213	-54.718570	3504	MARÍLIA	-22.214933	-49.951646
1506	ALTAMIRA	-1.527339	-52.576835	3505	PRESIDENTE PRUDENTE	-22.122744	-51.386766
1507	BREVES	-1.690737	-50.480895	3506	ARAÇATUBA	-21.205476	-50.439226
1601	MACAPÁ	0.038951	-51.057405	3507	SÃO JOSÉ DO RIO PRETO	-20.812637	-49.381348
1602	OIAPOQUE - PORTO GRANDE	0.712555	-51.414449	3508	RIBEIRÃO PRETO	-21.184835	-47.805476
1701	PALMAS	-10.163253	-48.351044	3509	ARARAQUARA	-21.790360	-48.174440
1702	ARAGUAÍNA	-7.191329	-48.208705	3510	CAMPINAS	-22.907343	-47.060156
1703	GURUPI	-11.729772	-49.071477	3511	SÃO JOSÉ DOS CAMPOS	-23.184062	-45.884175
2101	SÃO LUÍS	-2.531886	-44.297919	4101	CURITIBA	-25.432956	-49.271848
2102	SANTA INÊS - BACABAL	-3.658575	-45.378272	4102	GUARAPUAVA	-25.393592	-51.463431
2103	CAXIAS	-4.861675	-43.358539	4103	CASCABEL	-24.953798	-53.459722
2104	PRESIDENTE DUTRA	-5.282374	-44.492919	4104	MARINGÁ	-23.422280	-51.939882
2105	IMPERATRIZ	-5.526524	-47.479811	4105	LONDRINA	-23.312156	-51.162773
2201	TERESINA	-5.086342	-42.805270	4106	PONTA GROSSA	-25.092547	-50.161442
2202	PARNAÍBA	-2.903360	-41.778171	4201	FLORIANÓPOLIS	-27.587796	-48.547637
2203	PICOS	-7.081374	-41.468827	4202	CRICIÚMA	-28.673572	-49.365940
2204	SÃO RAIMUNDO NONATO	-9.015360	-42.692285	4203	LAGES	-27.817259	-50.330222
2205	CORRENTE - BOM JESUS	-10.440936	-45.163313	4204	CHAPECÓ	-27.106837	-52.617031
2206	FLORIANO	-6.769672	-43.020645	4205	CAÇADOR	-26.775348	-51.019035
2301	FORTALEZA	-3.723805	-38.589928	4206	JOINVILLE	-26.304518	-48.849409
2302	QUIXADÁ	-4.963700	-39.011745	4207	BLUMENAU	-26.916108	-49.057631
2303	IGUATU	-6.360555	-39.299906	4301	PORTO ALEGRE	-30.030037	-51.228660
2304	JUAZEIRO DO NORTE	-7.210766	-39.316993	4302	PELOTAS	-31.719598	-52.344320
2305	CRATEÚS	-5.176951	-40.668400	4303	SANTA MARIA	-29.685582	-53.808675
2306	SOBRAL	-3.688038	-40.348668	4304	URUGUAIANA	-29.759823	-57.081825
2401	NATAL	-5.750899	-35.252255	4305	IJUI	-28.388537	-53.918067
2402	CAICÓ	-6.459139	-37.096489	4306	PASSO FUNDO	-28.261767	-52.407095
2403	MOSSORÓ	-5.193801	-37.356874	4307	CAXIAS DO SUL	-29.166899	-51.178860
2501	JOÃO PESSOA	-7.149382	-34.873385	4308	SANTA CRUZ DO SUL - LAJEADO	-29.719768	-52.429929
2502	CAMPINA GRANDE	-7.221497	-35.883859	4377	LAGOA MIRIM	-31.713552	-52.788366
2503	PATOS	-7.024492	-37.276913	4388	LAGOA DOS PATOS	-31.072672	-51.253291
2504	SOUSA - CAJAZEIRAS	-6.763378	-38.229605	5001	CAMPO GRANDE	-20.458030	-54.615744
2601	RECIFE	-8.062762	-34.888942	5002	DOURADOS	-22.227236	-54.811289
2602	CARUARU	-8.285898	-35.967073	5003	CORUMBÁ	-19.006375	-57.648985
2603	SERRA TALHADA	-7.987998	-38.296315	5101	CUIABÁ	-15.569989	-56.073252
2604	PETROLINA	-9.397376	-40.499999	5102	CÁCERES	-16.074096	-57.674762
2701	MACEIÓ	-9.660822	-35.701630	5103	SINOP	-11.858005	-55.500922
2702	ARAPIRACA	-9.755907	-36.657297	5104	BARRA DO GARÇAS	-15.888711	-52.260330
2801	ARACAJU	-10.907216	-37.048213	5105	RONDONÓPOLIS	-16.470163	-54.633587
2802	ITABAIANA	-10.685716	-37.426861	5201	GOIÂNIA	-16.673310	-49.255814
2901	SALVADOR	-13.014772	-38.488061	5202	ITUMBIARA	-18.417682	-49.220870
2902	SANTO ANTÔNIO DE JESUS	-12.968008	-39.261131	5203	RIO VERDE	-17.794543	-50.929681
2903	ILHÉUS - ITABUNA	-14.793320	-39.043184	5204	SÃO LUÍS DE MONTES BELOS - IPORÁ	-16.519810	-50.374288
2904	VITÓRIA DA CONQUISTA	-14.848005	-40.839810	5205	PORANGATU - URUAÇU	-13.442186	-49.146226
2905	GUANAMBI	-14.225315	-42.778562	5206	LUZIÂNIA	-16.258541	-47.955720
2906	BARREIRAS	-12.144925	-45.004168	5301	DISTRITO FEDERAL	-15.794087	-47.887905
2907	IRECÊ	-11.303380	-41.858860	P1	PORTO CHIBATAO - AMAZONAS	-3.151493	-59.995081
2908	JUAZEIRO	-9.410717	-40.503552	P2	TECON VILA DO CONDE - PARA	-1.545787	-48.748185
2909	PAULO AFONSO	-9.403332	-38.218329	P3	PORTO DE ITAQUI - MARANHÃO	-2.578139	-44.368218
2910	FEIRA DE SANTANA	-12.229284	-38.960033	P4	APMT PECÉM - CEARÁ	-3.547921	-38.811444
3101	BELO HORIZONTE	-19.937524	-43.926453	P5	TECON SUAPE - PERNAMBUCO	-8.393521	-34.968507
3102	MONTES CLAROS	-16.722707	-43.865422	P6	TECON SALVADOR - BAHIA	-12.957833	-38.506284
3103	TEÓFILO OTONI	-17.862540	-41.509635	P7	TVV - ESPÍRITO SANTOS	-20.325047	-40.329094
3104	GOVERNADOR VALADARES	-18.852882	-41.947081	P8	SEPETIBA TECON - RIO DE JANEIRO	-22.930425	-43.839200
3105	IPATINGA	-19.481032	-42.520351	P9	TECON RIO - RIO DE JANEIRO	-22.875372	-43.206407
3106	JUIZ DE FORA	-21.760924	-43.348817	P10	TECON SANTOS - SÃO PAULO	-23.962282	-46.292080
3107	BARBACENA	-21.224915	-43.776193	P11	TCP - PARANÁ	-25.503233	-48.500600
3108	VARGINHA	-21.557080	-45.431886	P12	PORTO ITAPOA - SANTA CATARINA	-26.181349	-48.606415
3109	POUSO ALEGRE	-22.230303	-45.937144	P13	APMT ITAJAI - SANTA CATARINA	-26.901187	-48.665843
3110	UBERABA	-19.713535	-47.983625	P14	PORTONAVE - SANTA CATARINA	-26.895188	-48.663130
3111	UBERLÂNDIA	-18.918999	-48.277950	P15	TECON IMBITUBA - SANTA CATARINA	-28.231917	-48.655294
				P16	TECON RIO GRANDE - RIO GRANDE DO SUL	-32.129671	-52.106425

Anexo 2 – Fluxograma básico do aplicativo de mapas

