

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Vinícius Soares Bahú

**PROPOSTAS DE CARACTERÍSTICAS PARA AS ESTAÇÕES
DO NOVO METRÔ DE PORTO ALEGRE**

Porto Alegre

julho 2016

VINÍCIUS SOARES BAHÚ

**PROPOSTAS DE CARACTERÍSTICAS PARA AS ESTAÇÕES
DO NOVO METRÔ DE PORTO ALEGRE**

Trabalho de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Luiz Afonso dos Santos Senna

Porto Alegre

Julho 2016

VINÍCIUS SOARES BAHÚ

**PROPOSTAS DE CARACTERÍSTICAS PARA AS ESTAÇÕES
DO NOVO METRÔ DE PORTO ALEGRE**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador.

Porto Alegre, julho de 2016

Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna
PhD. Pela University of Leeds
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Fernando Dutra Michel (UFRGS)
MSc. pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Profa. Fernanda David Weber (UFPEL)
Dra. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Profa. Simone Ramires (UFRGS)
MSc. pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, Enildo Pedro Bahú e Maria da Graça Soares Bahú, que sempre me deram as melhores condições para minha educação e valiosos conselhos para minha vida.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Prof. Luiz Afonso dos Santos Senna, orientador deste trabalho, pelas dicas e conselhos fornecidos ao longo da execução deste trabalho.

Agradeço à Profa. Carin Maria Schmitt, antiga coordenadora da disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso I, por me ensinar como um trabalho de conclusão de curso deve ser organizado e formatado.

Agradeço aos meus pais, Enildo Pedro Bahú e Maria da Graça Soares Bahú, pela compreensão e apoio durante todo o período de realização deste trabalho.

Agradeço à minha namorada, Emanuelle Schneider, pelo constante apoio e por passar a maior parte do tempo de execução deste trabalho ao meu lado, enquanto ela fazia o trabalho dela.

Agradeço a todos os meus amigos e colegas do curso de Engenharia Civil, por me socorrerem nas horas difíceis e por me acompanharem ao longo dessa jornada.

A imaginação é mais importante que a ciência, porque a ciência é limitada, ao passo que a imaginação abrange o mundo inteiro.

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho trata da apresentação de características a serem consideradas em estações subterrâneas de metrô a serem construídas na cidade de Porto Alegre. O trabalho analisou especificamente as doze estações subterrâneas planejadas para a nova linha de metrô que será construída entre a FIERGS e o bairro Centro Histórico. A partir da pesquisa bibliográfica, foi apresentada a origem dos sistemas de metrô em Londres durante o século XIX e em seguida o histórico recente do metrô de Porto Alegre, de forma a procurar uma melhor compreensão da linha planejada e do que é planejado para ela. A seguir, também se utilizando de pesquisa bibliográfica, com um foco em normas brasileiras e nas estações mais recentes do metrô de São Paulo, foram definidas características necessárias ou recomendadas para estações de metrô. Para o método construtivo das estações e para a configuração das plataformas, que podem variar muito de estação para estação, foram apresentadas diferentes opções existentes. A partir da combinação dos dados obtidos sobre estações de metrô em geral e das informações disponíveis sobre o metrô de Porto Alegre, foi feita uma análise sobre as características indicadas para as estações do metrô de Porto Alegre. As estações foram analisadas primeiramente em conjunto e depois individualmente. Para a análise individual de cada estação foram utilizados mapas com a localização planejada para a estação e todas as edificações próximas, de forma de que o local onde será feita cada estação foi analisado em relação à localização e viabilidade dos acessos, aos possíveis métodos construtivos e a possíveis parcerias com estabelecimentos comerciais locais. Por fim, foram feitas algumas considerações finais sobre o trabalho. Nessas considerações finais foram feitas algumas recomendações para a definição de características para estações de metrô e foram feitas recomendações para o caso específico do metrô de Porto Alegre em relação às parcerias possíveis de serem feitas e à necessidade de buscar as tecnologias mais recentes caso o projeto ainda demore a ser executado.

Palavras-chave: Arquitetura de Metrô. Estações de Metrô.
Métodos Construtivos de Metrô. Metrô de Porto Alegre.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas de pesquisa	14
Figura 2 – Planta para uma estação em Londres datada de 1864	17
Figura 3 – Traçado da nova linha do metrô de Porto Alegre	23
Figura 4 – Rede de metrô integrada com ônibus	23
Figura 5 – Mapa de demanada para as estações	24
Figura 6 – Esquema de uma furadeira do método <i>shield</i>	28
Figura 7 – Escavação pelo método <i>cut and cover</i>	29
Figura 8 – Escavação pelo método invertido	30
Figura 9 – Estação feita pelo método invertido ou pelo método <i>cut and cover</i>	30
Figura 10 – Escavação pelo Método Austríaco de Túneis	32
Figura 11 – Acesso da estação Paraíso em São Paulo	34
Figura 12 – Mapa de localização da estação Universidad de Santiago	36
Figura 13 – Acesso de uma estação de Bilbao com mapas de localização	36
Figura 14 – Exemplo de escada com corrimão intermediário interrompido	38
Figura 15 – Escadas rolantes da estação de Holborn em Londres	39
Figura 16 – Linha de bloqueio na estação Paulista em São Paulo.....	43
Figura 17 – Bilheteria blindada na Estação da Luz em São Paulo.....	45
Figura 18 – Mapa do metrô de Londres	47
Figura 19 – Cobertura de vidro na Estação da Luz em São Paulo	49
Figura 20 – Esquema de ventilação de uma estação	50
Figura 21 – Comparação entre três tipos de configurações de plataforma	54
Figura 22 – Configurações de plataforma para encontros entre duas linhas	55
Figura 23 – Exemplo de assentos preferenciais na plataforma	56
Figura 24 – Mapa da linha em veículo da linha 9 do metrô de Barcelona	58
Figura 25 – Plataforma com portas de plataforma	59
Figura 26 – Utilização de tubos de aço inox em plataforma da estação República.....	61
Figura 27 – Localização aproximada da estação Rua da Praia	65
Figura 28 – Planta de localização da estação Rua da Praia e de seus acessos	65
Figura 29 – Trecho onde será construída a estação Rua da Praia	66
Figura 30 – Localização aproximada da estação Conceição	67
Figura 31 – Planta de localização da estação Conceição e de seus acessos	68
Figura 32 – Trecho onde será construída a estação Conceição	69
Figura 33 – Localização aproximada da estação Floresta	70

Figura 34 – Planta de localização da estação Floresta e de seus acessos	70
Figura 35 – Trecho onde será construída a estação Floresta	71
Figura 36 – Localização aproximada da estação Cândia Gomes	72
Figura 37 – Planta de localização da estação Cândia Gomes e de seus acessos	72
Figura 38 – Localização aproximada da estação São Pedro	73
Figura 39 – Planta de localização da estação São Pedro e de seus acessos	74
Figura 40 – Localização aproximada da estação Cairú	75
Figura 41 – Planta de localização da estação Cairú e de seus acessos	75
Figura 42 – Localização aproximada da estação Dom Pedro II	76
Figura 43 – Planta de localização da estação Dom Pedro II e de seus acessos	77
Figura 44 – Localização aproximada da estação São João	78
Figura 45 – Planta de localização da estação São João e de seus acessos	79
Figura 46 – Localização aproximada da estação Obirici	80
Figura 47 – Planta de localização da estação Obirici e de seus acessos	80
Figura 48 – Localização aproximada da estação Cristo Redentor	82
Figura 49 – Planta de localização da estação Cristo Redentor e de seus acessos	82
Figura 50 – Localização aproximada da estação Lindóia	83
Figura 51 – Planta de localização da estação Lindóia e de seus acessos	84
Figura 52 – Localização aproximada da estação Triângulo.....	85
Figura 53 – Planta de localização da estação Triângulo e de seus acessos.....	85

LISTA DE SIGLAS

FIERGS – Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul

NBR – Norma Brasileira

PAC – Programa de Aceleração do Crescimento

UFPEL – Universidade Federal de Pelotas

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 DIRETRIZES DA PESQUISA	12
2.1 QUESTÃO DE PESQUISA	12
2.2 OBJETIVO	12
2.2.1 Objetivo Principal	12
2.2.2 Objetivos Secundários	12
2.3 PRESSUPOSTO	13
2.4 PREMISA	13
2.5 DELIMITAÇÕES	13
2.6 LIMITAÇÕES	13
2.7 DELINEAMENTO	13
3 ORIGEM DOS SISTEMAS DE METRÔ	16
4 HISTÓRICO RECENTE DO METRÔ DE PORTO ALEGRE	19
4.1 HISTÓRICO DO METRÔ DE PORTO ALEGRE EM 2011	19
4.2 HISTÓRICO DO METRÔ DE PORTO ALEGRE EM 2012	20
4.3 HISTÓRICO DO METRÔ DE PORTO ALEGRE EM 2013	20
4.4 HISTÓRICO DO METRÔ DE PORTO ALEGRE EM 2014	21
4.5 HISTÓRICO DO METRÔ DE PORTO ALEGRE EM 2015	21
5 PLANOS ATUAIS PARA A NOVA LINHA DO METRÔ DE PORTO ALEGRE	22
6 MÉTODOS CONSTRUTIVOS DOS SISTEMAS DE METRÔ	26
6.1 MÉTODOS CONSTRUTIVOS PARA AS LINHAS DE METRÔ	26
6.1.1 Método <i>Cut and Cover</i>	26
6.1.2 Método <i>Shield</i>	27
6.2 MÉTODOS CONSTRUTIVOS PARA AS ESTAÇÕES DE METRÔ	29
6.2.1 Método Invertido	29
6.2.2 Método Austríaco de Túneis	31
7 ACESSOS E BILHETERIAS EM ESTAÇÕES DE METRÔ	33
7.1 ACESSOS	33
7.1.1 Escadas Fixas	37
7.1.2 Escadas Rolantes	38
7.1.3 Rampas e Plataformas de Elevação Inclinadas	40
7.1.4 Elevadores	41

7.2 BILHETERIAS E LINHA DE BLOQUEIO	41
7.2.1 Linha de Bloqueio	42
7.2.2 Equipamentos de Compra de Bilhetes	44
8 CIRCULAÇÃO NAS ESTAÇÕES DE METRÔ	46
8.1 SINALIZAÇÃO NA CIRCULAÇÃO	46
8.2 ILUMINAÇÃO DA ESTAÇÃO	48
8.3 SALAS OPERACIONAIS DE USO PÚBLICO	49
8.4 ÁREAS DE USO OPERACIONAL FECHADAS AO PÚBLICO	50
8.5 PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO	51
9 PLATAFORMAS DE ESTAÇÕES DE METRÔ	52
9.1 PLATAFORMAS CENTRAIS E PLATAFORMAS LATERAIS	53
9.2 OUTRAS CONFIGURAÇÕES DE PLATAFORMAS	53
9.3 ACESSIBILIDADE NAS PLATAFORMAS E NOS VEÍCULOS	55
9.4 SINALIZAÇÃO NAS PLATAFORMAS	57
9.5 PORTAS DE PLATAFORMA E OUTROS EQUIPAMENTOS OPCIONAIS	59
10 CONSIDERAÇÕES PARA O CASO ESPECÍFICO DO METRÔ DE PORTO ALEGRE	62
10.1 CONSIDERAÇÕES PARA TODAS AS ESTAÇÕES	62
10.2 CONSIDERAÇÕES PARA CADA ESTAÇÃO	64
10.2.1 Estação Rua da Praia	65
10.2.2 Estação Conceição	67
10.2.3 Estação Floresta	69
10.2.4 Estação Cândio Gomes	71
10.2.5 Estação São Pedro	73
10.2.6 Estação Cairú	74
10.2.7 Estação Dom Pedro II	76
10.2.8 Estação São João	78
10.2.9 Estação Obirici	80
10.2.10 Estação Cristo Redentor	81
10.2.11 Estação Lindóia	83
10.2.12 Estação Triângulo	84
11 CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
REFERÊNCIAS	89

1 INTRODUÇÃO

Já fazem algumas décadas que existe uma discussão sobre a criação de um metrô com linhas subterrâneas em Porto Alegre. Nos últimos anos tem-se chegado mais perto desta realidade. Em 2012 o então Ministro das Cidades afirmou que a primeira linha do metrô de Porto Alegre estaria pronta em 2017, com o início das obras em setembro de 2013 (PORTO, 2012). Agora, quase três anos após este prazo de início, ainda não há sinais das obras começarem.

Segundo Melo (2015), a Secretaria Municipal de Gestão declarou que o projeto não seguiu em frente devido a uma necessidade dele ser reanalisado já que havia atingido um custo quase quatro vezes maior do que o previsto inicialmente. Porém o plano de implementação do metrô ainda existe e segundo Melo (2014) a parte pública do financiamento da obra já está garantida. Como as estações de metrô são a porta de entrada da população da cidade para este novo meio de transporte urbano, é importante pensar como tais estações irão funcionar para que os usuários possam aceitar e se adaptar da melhor forma possível ao metrô e para que o próprio sistema funcione bem. De acordo com Goggin (2011, p. 2, tradução nossa):

A contribuição das estações à experiência da jornada é bem clara. Passageiros esperam e merecem uma experiência nas estações de trem através do serviço, instalações e acesso, que adicione à sua experiência completa de viagem. Pesquisas mostram que integração com outras pessoas, modos, instalações convenientes, informação fácil de obter e, especialmente, um ambiente agradável para circular e esperar são influências significativas tanto para a atratividade do meio de transporte quanto para a satisfação dos passageiros.

Este trabalho analisa quais são as características indicadas para o bom funcionamento de uma estação de metrô, levando em conta as normas brasileiras de acessibilidade e a legislação estadual de incêndio. A partir desta análise, são feitas considerações para o caso de Porto Alegre levando em conta a localização planejada para suas futuras estações subterrâneas.

2 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

2.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão de pesquisa do trabalho é: quais são as características indicadas para as estações do novo metrô de Porto Alegre?

2.2 OBJETIVOS DA PESQUISA

Os objetivos da pesquisa estão classificados em principal e secundários e são descritos a seguir.

2.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal do trabalho é a apresentação de características para que as novas estações do metrô de Porto Alegre tenham um bom funcionamento e sirvam bem à população.

2.2.2 Objetivos Secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) análise do histórico do metrô de Porto Alegre e dos planos atuais para suas estações;
- b) descrição de características físicas e operacionais desejáveis em estações de metrô;
- c) apresentação de instalações e equipamentos empregados atualmente em estações de metrô;

2.3 PRESSUPOSTO

O trabalho tem por pressuposto que as instalações e equipamentos utilizados nas estações de metrô pesquisadas podem ser utilizados nas estações de Porto Alegre.

2.4 PREMISSA

O trabalho tem por premissa que o bom funcionamento das estações de metrô de Porto Alegre é fundamental para o sucesso deste novo sistema de transporte.

2.5 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se a analisar apenas as estações subterrâneas de metrô que poderão ser criadas, de acordo com o projeto atual, entre o terminal Triângulo na avenida Assis Brasil e o bairro Centro Histórico, se utilizando das informações disponíveis sobre esta linha.

2.6 LIMITAÇÕES

São limitações do trabalho a utilização apenas de conhecimentos já existentes, sem a geração de novos conhecimentos e tecnologias e a impossibilidade de reunir todo o conhecimento existente sobre o assunto já que apenas os metrôs de algumas cidades serão utilizados na pesquisa.

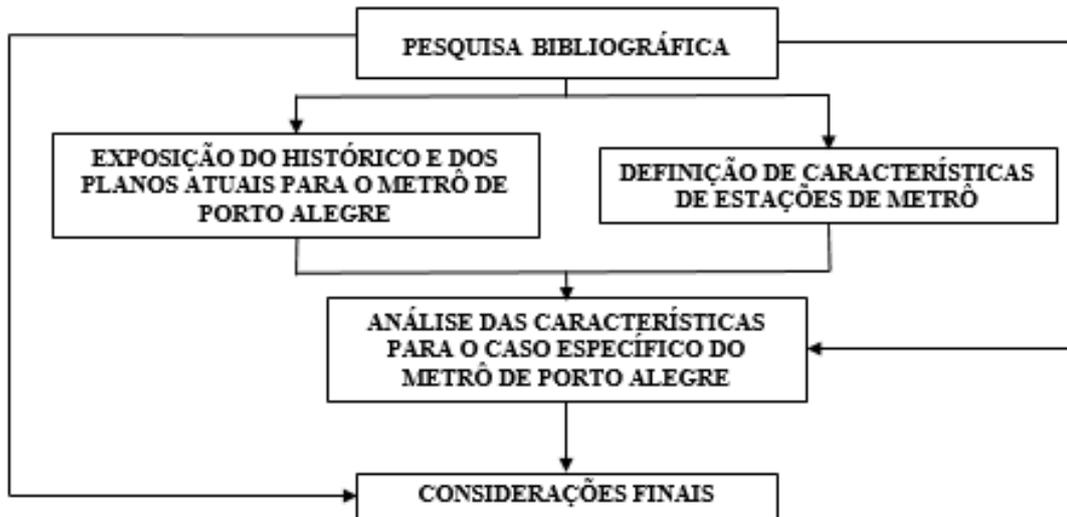
2.7 DELINEAMENTO

O trabalho foi realizado através das etapas apresentadas a seguir que estão representadas na figura 1 e são descritas nos próximos parágrafos:

- a) pesquisa bibliográfica;
- b) exposição do histórico e dos planos atuais para o metrô de Porto Alegre;
- c) definição de características de estações de metrô;
- d) análise das características para o caso específico do metrô de Porto Alegre;

e) considerações finais.

Figura 1 – Etapas de pesquisa



(fonte: elaborado pelo autor)

A **pesquisa bibliográfica** visa obter as informações necessárias para a realização do trabalho. Dados são obtidos a partir de livros, reportagens, artigos científicos e qualquer outra fonte que seja considerada válida para um trabalho científico. Por este se tratar de um trabalho sem experimentação em laboratório, esta pesquisa é a base para todo o trabalho e, portanto, se dará ao longo de todo o seu andamento.

A **exposição do histórico e dos planos atuais para o metrô de Porto Alegre** é feita a partir da pesquisa bibliográfica com o objetivo de caracterizar o caso específico da construção de um metrô na cidade de Porto Alegre. Da mesma forma, a **definição de características de estações de metrô** se utiliza da pesquisa bibliográfica para identificar as necessidades a serem verificadas na construção de uma estação de metrô.

A **análise das características para o caso específico do metrô de Porto Alegre** é feita a partir da junção dos dados coletados para o caso específico do metrô de Porto Alegre e dos dados coletados para a construção de uma estação de metrô. As estações planejadas para o metrô de Porto Alegre são analisadas tanto em conjunto quanto individualmente.

Por fim, as **considerações finais** reúnem algumas conclusões do autor realizadas a partir da pesquisa e da análise apresentadas no trabalho. Essa parte do trabalho inclui apenas alguns

pontos que o autor considera importantes de ressaltar e portanto é bem mais curta do que as outras etapas.

3 ORIGEM DOS SISTEMAS DE METRÔ

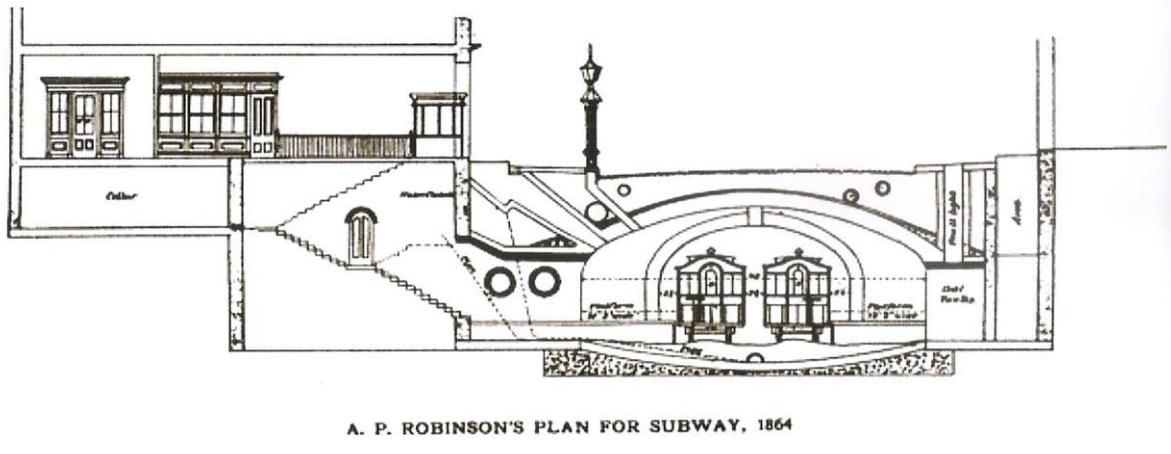
Este capítulo avalia a origem dos sistemas de metrô e o seu desenvolvimento. Como o trabalho trata de estações de metrô é interessante ao menos ter uma ideia de como este meio de transporte surgiu e evoluiu.

De acordo com Watts (2007, tradução nossa), a história do metrô começou em 1845 com o britânico Charles Pearson, um visionário que propôs a extravagante ideia de trens serem colocados em tubos debaixo da terra. A proposta se tornava ainda mais estranha e inovadora considerando que o primeiro serviço comercial ferroviário havia sido aberto apenas 15 anos antes. Porém se passaram mais oito anos até que a ideia de Pearson fosse aprovada pelo governo britânico. Provavelmente a ideia não seria aprovada não fosse um problema específico da cidade de Londres que se encontrava sem solução na época.

O problema era que as ruas da cidade estavam com uma utilização muito além da sua capacidade. O principal motivo de tal problema era que as ferrovias da época eram proibidas por lei de entrar na região central de Londres, e assim não havia uma ligação ferroviária dentro da cidade, o que forçava a população a utilizar as ruas para fazer tal ligação. Assim, colocar trens embaixo da terra aparecia como uma solução eficaz para o problema. Para financiar o projeto foram utilizados fundos da prefeitura e de investidores (WATTS, 2007, tradução nossa).

Ainda de acordo com Watts (2007, tradução nossa) a primeira linha de metrô da história começou a ser construída em 1860, com escavações abaixo da rua Euston em Londres no método construtivo que viria a ser chamado de *cut and cover*. As estações de Paddington e Farringdon, que já se tratavam de estações ferroviárias, vieram a se tornar também as primeiras estações metroviárias do mundo. Essa primeira linha de metrô foi inaugurada em 10 de janeiro de 1863 e foi utilizada por 30.000 passageiros no seu primeiro dia. De acordo com Vuchic (2007, p. 37, tradução nossa) as locomotivas utilizadas nessa linha possuíam dispositivos feitos com o objetivo de minimizar a emissão de fumaça, mas mesmo assim a baixa qualidade do ar nos veículos e nas estações gerava muitas reclamações por parte dos passageiros. A figura 2 mostra uma planta de 1864 para uma estação de metrô de Londres.

Figura 2 – Planta para uma estação de metrô em Londres datada de 1864



(fonte: HADLICH et al., 2012, p. 16)

Em 1890, começaram a ser construídas em Londres as primeiras linhas profundas de metrô. Isso foi possível devido a uma melhor tecnologia de escavação de túneis, que também foi auxiliada pelo solo argiloso mole de Londres, à utilização de trilhos eletrificados, que também resolveram o problema do acúmulo da fumaça dos trens nos túneis, e a um desejo de conectar melhor as linhas sub-superficiais já existentes. Foram feitas seis linhas profundas entre 1890 e 1907. O investimento em tantas linhas metroviárias provavelmente somente foi possível devido à sua construção ter ocorrido antes do aparecimento dos ônibus motorizados (WATTS, 2007, tradução nossa).

Seguindo o exemplo de Londres, a cidade de Budapeste inaugurou a primeira linha de metrô da Europa continental em 1896. A cidade foi seguida, entre outras cidades, por Paris em 1900, Berlim em 1902, Nova York em 1904 e Buenos Aires, o primeiro da América Latina, em 1912. Tal mobilização na construção de sistemas de metrô mostra que já naquela época existia uma demanda por um serviço de transporte rápido, confiável e de alta capacidade (VUCHIC, 2007, p. 37-38, tradução nossa).

As duas guerras mundiais que seguiram o período de rápida expansão dos sistemas de metrô resultaram em economias européias instáveis e acabaram com os investimentos neste meio de transporte no continente por um longo período de tempo. Os Estados Unidos, que saíram fortalecidos do segundo conflito, decidiram priorizar a construção de estradas e rodovias, relegando o metrô a um segundo plano. Na segunda metade da década de 1950 a construção de metrôs voltou na Europa e desde então o número de cidades no mundo com sistemas de metrô quintuplicou. Tal fenômeno se deu devido a uma maior conscientização a respeito das

vantagens dos sistemas rápidos de transporte coletivo (VUCHIC, 2007, p. 38-39, tradução nossa).

O primeiro metrô do Brasil começou a ser construído em 1968 na cidade de São Paulo. Sua operação foi iniciada em 1974. Em 1979 o Rio de Janeiro foi a segunda cidade brasileira a receber um sistema de metrô (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRABALHADORES EM TRANSPORTE E LOGÍSTICA, 2016). Em Porto Alegre, foi inaugurado em 1985 o primeiro trecho de uma linha de trens urbanos de superfície. Esta linha se estende até o município de Novo Hamburgo e atualmente transporta em média 200 mil passageiros por dia útil (TRENSURB, 2016).

4 HISTÓRICO RECENTE DO METRÔ DE PORTO ALEGRE

Este capítulo visa registrar o que foi divulgado pela imprensa nos últimos anos em relação a construção da nova linha do metrô de Porto Alegre que por vezes é referida como linha 1 do metrô de Porto Alegre e por vezes é referida como linha 2 do metrô de Porto Alegre, considerando a linha superficial metropolitana já existente na cidade como sendo a linha 1. O capítulo busca recolher as informações mais recentes sobre este assunto a fim de utilizar tais informações na definição das características das novas estações de metrô. Como as reportagens em relação ao metrô de Porto Alegre se estendem ao longo de vários anos, foram consideradas importantes para o trabalho apenas as reportagens a partir do ano 2011, já que a partir deste ano foi considerado que começam a haver evidências mais nítidas de que o projeto realmente será executado. Os planos atuais para o metrô de Porto Alegre são tratados no próximo capítulo.

4.1 HISTÓRICO DO METRÔ DE PORTO ALEGRE EM 2011

De acordo com Simon (2011), o metrô de Porto Alegre foi incluído no Programa de Aceleração do Crescimento Mobilidade Grandes Cidades em 2011, que se trata de um programa do governo federal que libera recursos para obras deste tipo. Foi feita uma modelagem financeira para o financiamento da obra que combinava recursos do governo federal, estadual e municipal além de incluir capital privado e isenções de impostos. Na época era previsto que o novo sistema de metrô entraria em operação em 2017. A licitação seria lançada em 2012 e o orçamento da obra era de R\$ 2,4 bilhões.

Originalmente o traçado partiria da Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul passando em sequência pelas avenidas Assis Brasil, Brasileiro de Moraes, Benjamin Constant, Cairú e Borges de Medeiros com extensão até a Rua dos Andradas. A extensão da linha seria de 14,88 quilômetros. Seriam utilizados 25 trens de 4 carros cada que carregariam 300.000 passageiros por dia útil. Treze estações foram planejadas: FIERGS, Bernardino Silveira Amorim, Sarandi, Dona Alzira, Triângulo, Cristo Redentor, Obirici, Bourbon, Cairú, Félix da Cunha, Ramiro Barcelos, Conceição e Rua da Praia. (SIMON, 2011).

4.2 HISTÓRICO DO METRÔ DE PORTO ALEGRE EM 2012

De acordo com Porto (2012), Aguinaldo Ribeiro, o então Ministro das Cidades, anunciou em 2012 que as obras do metrô de Porto Alegre seriam concluídas até 2017, com início das obras em setembro de 2013. Segundo o ministro, o projeto de licitação estaria pronto até março de 2013. O anúncio do ministro não se consolidou e ainda não foi lançada uma licitação para o metrô.

Em 2012 o projeto continuava o mesmo de 2011. O prazo de concessão da parceria público-privada havia sido definido como quatro anos de investimento e 30 anos de operação. A composição financeira do projeto era de R\$ 265 milhões de isenções fiscais, R\$ 880 milhões provenientes do estado e do município, R\$ 1 bilhão do governo federal e R\$ 323 milhões da iniciativa privada (PORTO, 2012).

4.3 HISTÓRICO DO METRÔ DE PORTO ALEGRE EM 2013

Neste ano foram mudados a extensão da linha e o orçamento da obra. A linha agora não teria mais o trecho entre a estação Triângulo e a estação FIERGS, diminuindo sua extensão para 10,3 quilômetros. O novo orçamento da linha ficou definido como R\$ 4,84 bilhões (KOLLING; LAMPERT, 2013). O motivo por trás de tais mudanças no projeto é que o único consórcio qualificado para a obra havia calculado um orçamento de R\$ 9,5 bilhões para o traçado original e que a área junto à FIERGS onde seria feita a manutenção dos veículos era alagadiça demais para ser utilizada. Tal mudança no trajeto ocasionou a necessidade de incluir no projeto um túnel de 1,4 quilômetros de extensão para que os trens pudessem ser levados a uma outra área de manutenção (MELO, 2015). Por este projeto, o túnel adicionado iria da estação Cairú até o bairro Humaitá (KOLLING; LAMPERT, 2013). Porém, mesmo com o aumento no orçamento, em outubro de 2013 foram garantidos oficialmente pela presidente Dilma Rousseff os investimentos da parceria entre os governos federal, estadual e municipal para a construção do metrô de Porto Alegre (DILMA..., 2013).

Com as mudanças no projeto, também mudaram a composição financeira e a distribuição das estações na linha. Agora a parcela pública seria de R\$ 3,54 bilhões e a parcela privada seria R\$ 1,3 bilhão. A licitação seria realizada em 2014. Foi anunciado também que o método de construção utilizado seria o método *shield* (KOLLING; LAMPERT, 2013). Agora a linha

teria 10 estações: Triângulo, Cristo Redentor, Obirici, São João, Dom Pedro II, Cairú, São Pedro, Florida, Conceição e Rua da Praia (DILMA..., 2013).

4.4 HISTÓRICO DO METRÔ DE PORTO ALEGRE EM 2014

Em 2014 foi reiterado que, mesmo com a crise econômica do país e do estado, a parte pública do financiamento da obra tem liberação garantida. Também começou a ser discutida uma volta ao projeto do trecho entre a estação Triângulo e a estação FIERGS, porém desta vez como uma via elevada ao invés de subterrânea. A proposta desta mudança foi feita por um dos consórcios que tiveram suas propostas para o metrô classificadas. A via elevada teria um custo equivalente ao do túnel de 1,4 quilômetros que seria feito apenas para a manutenção dos veículos. Portanto, já que os trens voltariam a ter sua manutenção feita perto da FIERGS, o custo total da obra não seria modificado com esta mudança. A licitação agora era prevista para o primeiro semestre de 2015, o que não ocorreu. A previsão de duração da obra era de quatro a cinco anos com início no final de 2015 (MELO, 2014). Para fins deste trabalho não será considerado o possível trecho elevado.

4.5 HISTÓRICO DO METRÔ DE PORTO ALEGRE EM 2015

Em julho, o Ministro das Cidades estimou que o leilão para a escolha do parceiro da parceria público-privada deve ocorrer em 2016 (PARCERIA..., 2015). Em agosto o secretário nacional de Transporte e Mobilidade Urbana sugeriu que devido ao momento financeiro do país e à geologia desfavorável da cidade de Porto Alegre é recomendável que certas partes do trajeto sejam feitas pelo método de construção *cut and cover*. Ele acredita que com o atual investimento privado exigido será difícil atrair capital de investidores. Atualmente, na divisão do financiamento da obra o governo federal paga R\$ 1,7 bilhão, o governo estadual paga R\$ 1,08 bilhão, o governo municipal paga R\$ 690 milhões e a iniciativa privada paga R\$ 1,3 bilhão. A concessão do metrô à empresa vencedora da licitação no momento é de 25 anos (VETTORI, 2015).

5 PLANOS ATUAIS PARA A NOVA LINHA DO METRÔ DE PORTO ALEGRE

Neste capítulo estão dispostas as informações e planos atuais a respeito do metrô de Porto Alegre. Estas informações foram dispostas pelo Escritório MetrôPoa, que é uma parceria entre o governo do estado do Rio Grande do Sul e o município de Porto Alegre. É importante ressaltar que estas informações ainda estão sujeitas a mudanças.

No momento são planejadas doze estações subterrâneas começando pela estação Rua da Praia e terminando na estação Triângulo. Estas estações possuirão uma profundidade entre 24 e 35 metros. A partir da estação Triângulo a linha gradualmente sai de baixo da terra e vira uma via elevada. A partir deste trecho a linha continuará por três estações elevadas, terminando na estação FIERGS. Mais duas estações elevadas neste trecho são planejadas para o futuro. A linha e as suas estações podem ser observadas na figura 3. Também é planejada uma extensão futura da linha, chamada de fase 2 do projeto, que vai da estação Rua da Praia até a rua Antônio de Carvalho (ESCRITÓRIO METRÔPOA, 2015).

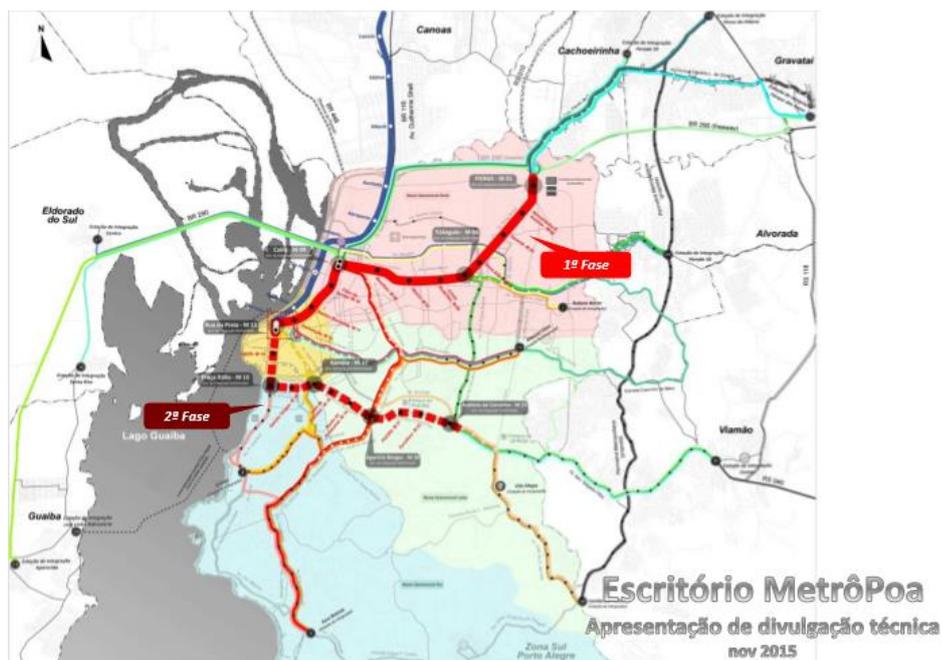
Figura 3 – Traçado da nova linha do metrô de Porto Alegre



(fonte: ESCRITÓRIO METRÔPOA, 2015)

A fase 2 do projeto pode ser observada na figura 4. Neste trabalho são consideradas apenas as estações subterrâneas planejadas para a fase 1 do projeto.

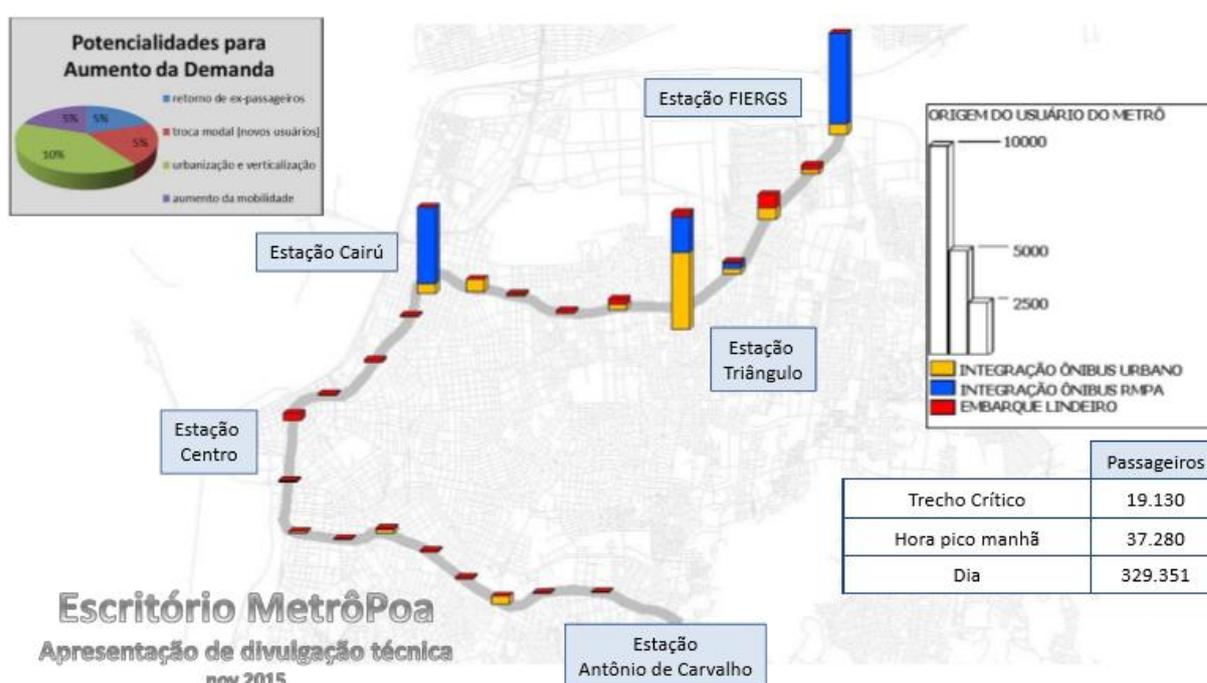
Figura 4 – Rede de metrô integrada com ônibus



(fonte: ESCRITÓRIO METRÔPOA, 2015)

O projeto pretende utilizar a mesma tarifa dos ônibus de Porto Alegre, com integração com as linhas metropolitanas e municipais e com o Trensurb. Um esboço desta integração pode ser observado na figura 4. As principais estações de integração com ônibus, como pode ser observado na figura 5, que se trata de um mapa de demanda, serão as estações Triângulo, Cairú e FIERGS. Haverá bilhetagem eletrônica, ar condicionado nos veículos e nas estações, portas automáticas e disponibilização de informação aos usuários. É prevista também a urbanização da área por onde o metrô passará, com arborização, passeios, ciclovias e paisagismo (ESCRITÓRIO METRÔPOA, 2015).

Figura 5 – Mapa de demanda para as estações



(fonte: ESCRITÓRIO METRÔPOA, 2015)

É previsto que as estações e os veículos sejam completamente acessíveis, com informações sendo transmitidas tanto visualmente quanto sonoramente. Também são previstos planos de emergência e o uso de dispositivos e equipamentos que minimizem os riscos de acidentes. Há previsão de sanitários e ofertas de serviços e comércio nas estações (ESCRITÓRIO METRÔPOA, 2015).

Em relação ao serviço da nova linha de metrô é prevista a utilização do sistema por 22.000 passageiros por hora por sentido a partir do segundo ano de operação da linha com uma capacidade máxima de 40.000 passageiros por hora por sentido. Os veículos terão entre 4 e 6

carros e uma capacidade de 800 a 1200 passageiros por veículo. O intervalo de tempo entre viagens no horário de pico será entre 90 e 180 segundos. A operação dos veículos será automática, ou seja, sem a necessidade de condutores, e serão utilizadas portas de plataforma automáticas que abrem junto com as portas dos veículos (ESCRITÓRIO METRÔPOA, 2015).

6 MÉTODOS CONSTRUTIVOS DOS SISTEMAS DE METRÔ

Este capítulo trata dos métodos construtivos adotados nas linhas e nas estações de metrô. A importância do conhecimento destes métodos para o trabalho é de que é preciso avaliar o impacto destes sistemas de construção na configuração das estações de metrô. Primeiro são analisados os métodos construtivos para as linhas de um sistema de metrô e depois são analisados os métodos construtivos para suas estações.

6.1 MÉTODOS CONSTRUTIVOS PARA AS LINHAS DE METRÔ

De acordo com MacKechnie (c2015, tradução nossa), podem-se utilizar dois diferentes métodos construtivos para a execução de um sistema de metrô. Um deles se chama *cut and cover* e outro se chama *shield*. A seguir são comparados os dois métodos construtivos com o objetivo de avaliar as suas vantagens e desvantagens. Porém, é importante lembrar que as condições geológicas locais tem grande influência sobre a escolha do método a ser utilizado, podendo ditar a profundidade que a linha a ser construída deve passar.

6.1.1 Método *Cut and Cover*

De acordo com MacKechnie (c2015, tradução nossa), o método *cut and cover* consiste em primeiro remover o pavimento da rua onde a linha de metrô será feita, escavar até uma profundidade adequada, realizar a construção das estruturas necessárias e reconstruir o pavimento. Por sua simplicidade, este é o método mais antigo de execução de sistemas de metrô, tendo sido utilizado nas linhas mais antigas de cidades pioneiras no metrô tais como Toronto, Nova York e Londres.

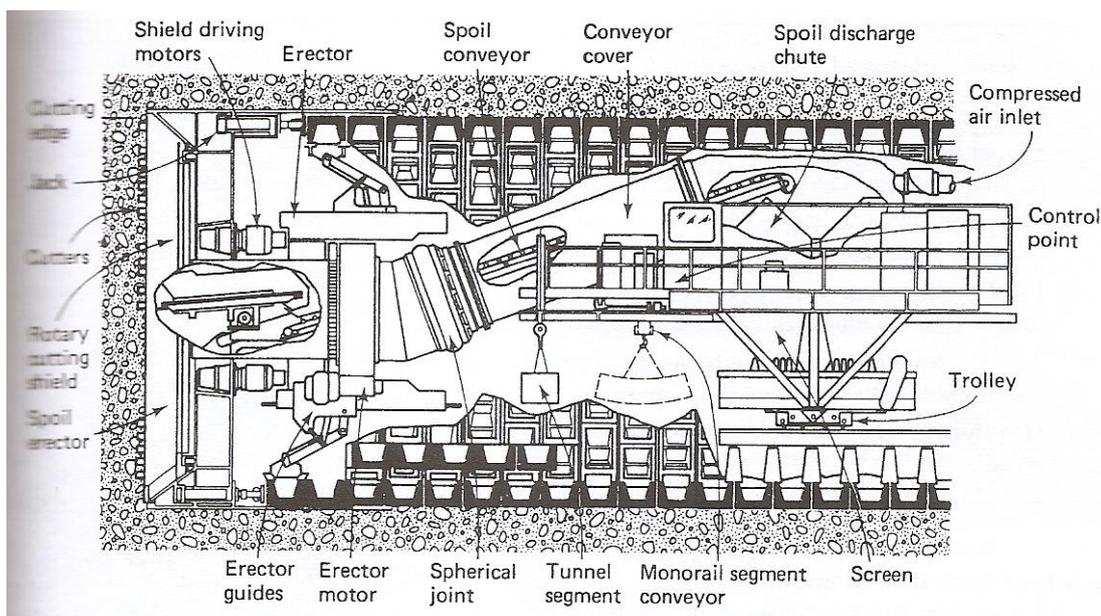
Este método apresenta como vantagens ser um método consideravelmente mais barato do que o método *shield*, embora seja difícil chegar à exata magnitude de tal diferença devido ao grande número de variáveis na construção de um metrô, e ter um acesso facilitado devido às linhas, e por consequência as estações, se localizarem mais próximas à superfície. (MACKECHNIE, c2015, tradução nossa).

Uma grande desvantagem do método é que ele interrompe o tráfego nas ruas onde as linhas serão construídas. Isso pode gerar grandes problemas de trânsito para a cidade durante a construção, além de afetar negativamente as atividades econômicas das ruas por onde o sistema passa. Já houveram casos de ações judiciais de comerciantes contra empresas que se utilizaram do sistema *cut and cover* devido a perdas em suas vendas. Também há a desvantagem de o sistema obrigatoriamente passar por cima de ruas, assim diminuindo a flexibilidade sobre a escolha do traçado das linhas. (MACKECHNIE, c2015, tradução nossa).

É importante salientar que o sistema *cut and cover* pode não ser viável se houver uma interferência muito grande de estruturas subterrâneas ao longo do traçado já que este método não escava numa profundidade suficiente para evitar tais estruturas. Esta baixa profundidade também resulta em uma menor profundidade das estações, o que ao mesmo tempo que diminui o custo e facilita o acesso das estações também resulta em limitações arquitetônicas devido ao espaço limitado. (MACKECHNIE, c2015, tradução nossa).

6.1.2 Método *Shield*

De acordo com MacKechnie (c2015, tradução nossa), no método *shield*, que o autor chama de *deep bore*, furadeiras enormes são inseridas em pontos convenientes para a escavação e fazem toda a escavação do túnel por baixo da terra. O formato das furadeiras é o que resulta no formato do túnel, portanto geralmente essas furadeiras são em formato circular. A figura 6 mostra o esquema de uma dessas furadeiras.

Figura 6 – Esquema de uma furadeira do método *shield*

(fonte: VUCHIC, 2007, p. 381)

Como o único ponto em que há interação com a superfície é no ponto de inserção do equipamento, este método apresenta a grande vantagem de não interferir no trânsito ou nas atividades econômicas da cidade. Também há uma grande flexibilidade no trajeto das linhas já que este método trabalha com escavações em grandes profundidades. (MACKECHNIE, c2015, tradução nossa).

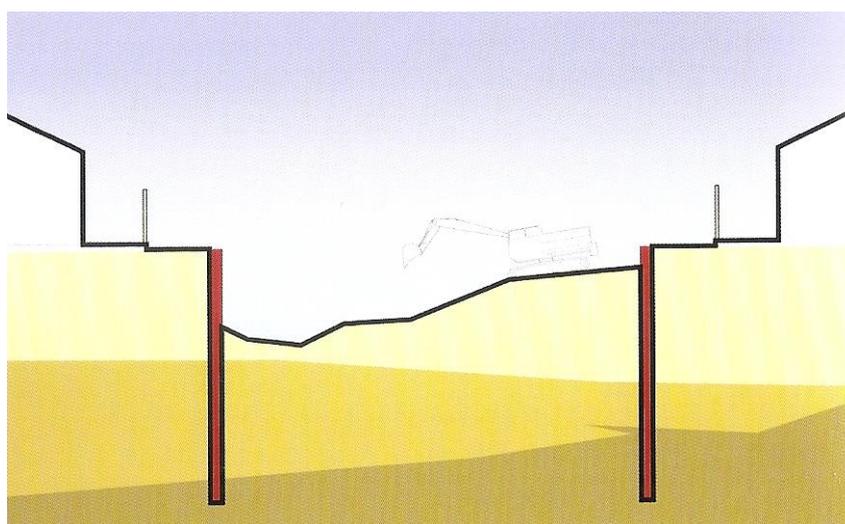
Um aspecto negativo deste método é que as grandes profundidades de acesso podem gerar estações muito profundas e portanto de acesso demorado, o que aumenta o tempo total de viagem e faz com que viagens curtas de metrô fiquem menos atrativas. O custo maior das estações mais profundas e das furadeiras utilizadas faz com que este método seja muito caro. Mas isto observando a situação apenas de um ponto de vista construtivo, já que é muito difícil saber qual é o custo real para a sociedade das interrupções causadas pelo método *cut and cover* em relação à praticamente nula interferência com a superfície do método *shield*. (MACKECHNIE, c2015, tradução nossa).

Há também a limitação de geralmente se construir apenas uma linha por vez pelo método *shield* a fim de reaproveitar a furadeira, já que esse equipamento é muito caro. Isto faz com que o método *cut and cover* se torne uma opção mais atrativa quando se tem um plano de fazer várias linhas de metrô ao mesmo tempo, por mais que isso gere um desconforto ainda maior para a população da cidade. (MACKECHNIE, c2015, tradução nossa).

6.2 MÉTODOS CONSTRUTIVOS PARA AS ESTAÇÕES DE METRÔ

Para a construção das estações de metrô podem ser utilizados dois métodos construtivos, o *cut and cover* e o chamado Método Austríaco de Túneis. O método *cut and cover* possui também uma variação chamada de *cover and cut* ou método invertido. Já o método *shield* é apenas utilizado na escavação dos túneis da linha. O método *cut and cover* para as estações é o mesmo utilizado para as linhas, com a diferença de as estações necessitarem uma área maior de escavação (HADLICH et al., 2012, p. 96-108). A seguir é apresentada a figura 7, que mostra o método *cut and cover*, e depois são descritos o método invertido e o Método Austríaco de Túneis.

Figura 7 – Escavação pelo método *cut and cover*



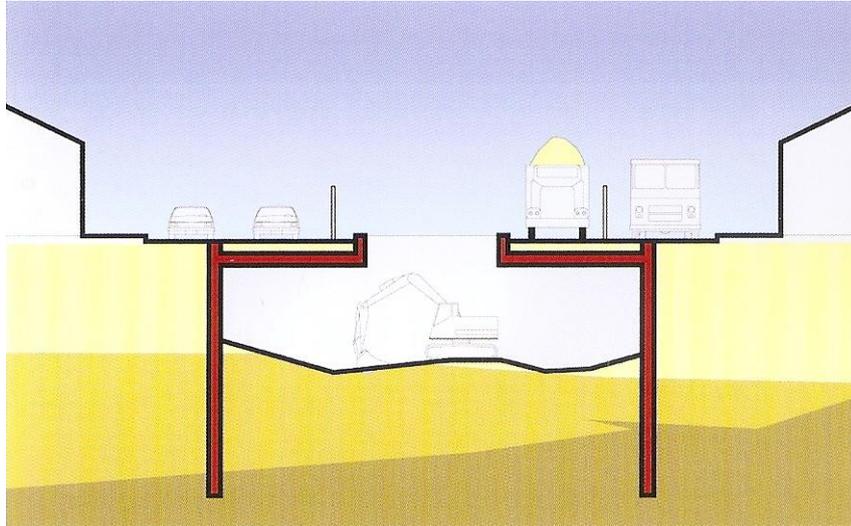
(fonte: HADLICH et al., 2012, p. 98)

6.2.1 Método Invertido

Neste método a escavação acontece por baixo de uma laje de cobertura, com uma abertura destinada apenas à entrada de equipamentos e à retirada do solo escavado. O equipamento de escavação é retirado com o auxílio de um guindaste. No início da execução do método a área ocupada é a mesma do *cut and cover* tradicional para permitir a execução das paredes de contenção e da laje de cobertura, porém, após essas estruturas serem executadas, a escavação é feita com uma ocupação de superfície muito menor. Por ocupar muito menos espaço do que o *cut and cover* tradicional, este método é indicado para quando a escavação ocorre embaixo

de vias importantes para o trânsito da cidade (HADLICH et al., 2012, p. 100-102). A figura 8 mostra como é feita a escavação por este método.

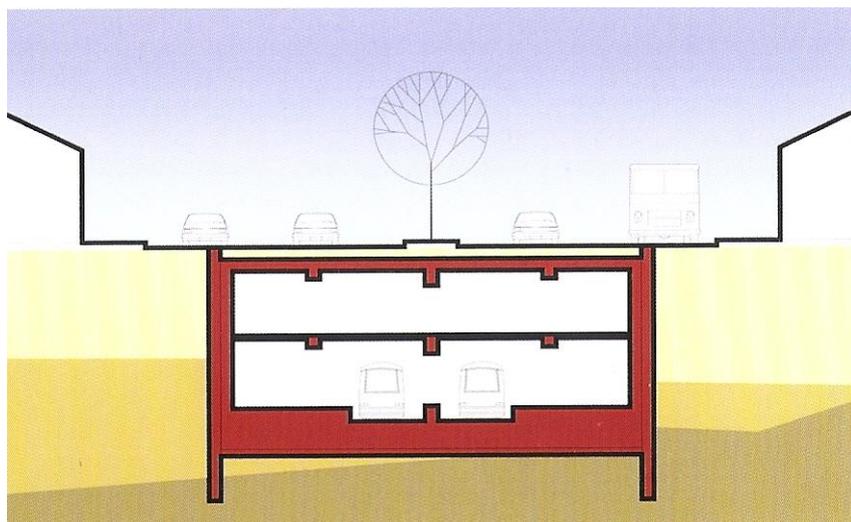
Figura 8 – Escavação pelo método invertido



(fonte: HADLICH et al., 2012, p. 103)

A figura 9 mostra como fica a estação construída pelo método invertido depois de pronta. Ela também se aplica às estações construídas pelo método *cut and cover*.

Figura 9 – Estação feita pelo método invertido ou pelo método *cut and cover*



(fonte: HADLICH et al., 2012, p. 103)

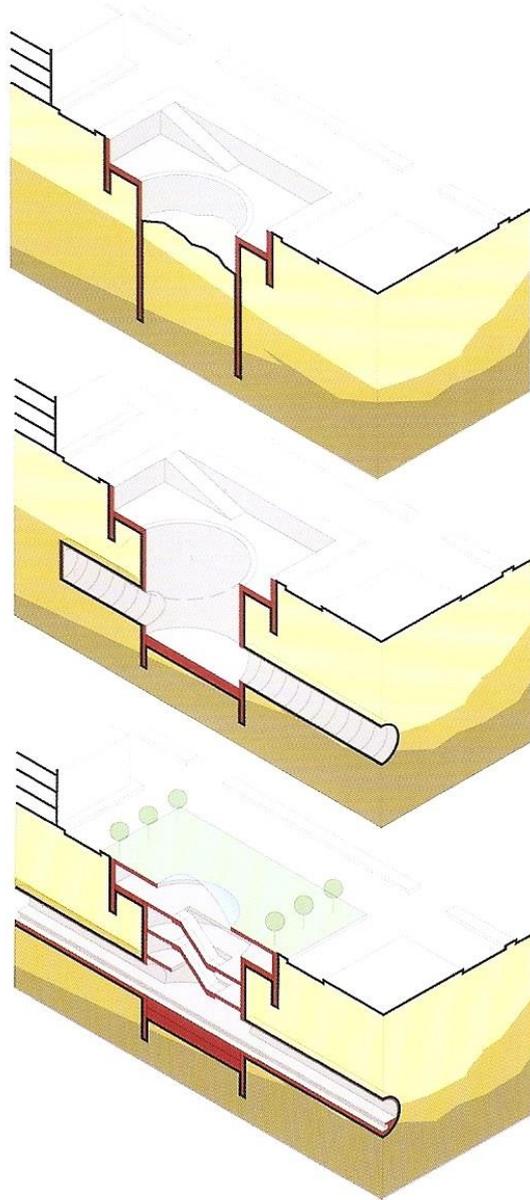
6.2.2 Método Austríaco de Túneis

No Método Austríaco de Túneis se escava um ou mais poços circulares até a profundidade onde se localizarão as plataformas. Uma diferença deste método para o *cut and cover* é que todo o poço escavado é utilizado para as instalações da estação, sem que seja feito nenhum reaterro. Quando a escavação chega ao fundo do poço, ela passa a ser horizontal, de forma a moldar os túneis onde se localizarão as plataformas. A escolha por este método depende da proximidade com outras edificações, do terreno a ser escavado e da dimensão e profundidade do túnel (HADLICH et al., 2012, p. 105).

O principal meio de suporte para este tipo de escavação é a utilização de anéis de concreto ancorados em rocha com a utilização de concreto projetado em sua superfície interna. O dimensionamento das porções do túnel escavadas depende de uma análise do solo e de sua resistência (KARAKUS; FOWELL, 2004, tradução nossa). Sendo assim, o conhecimento do solo é muito mais importante neste método do que nos demais métodos apresentados.

O uso deste método para escavações em metrô se popularizou nas décadas de 1970 e 1980, especialmente para metrô da Alemanha. Um caso que se destaca é sua utilização na construção do metrô abaixo do aeroporto de Heathrow, em Londres, que se trata de um dos aeroportos mais movimentados do mundo (KARAKUS; FOWELL, 2004, tradução nossa). Na figura 10 é mostrada a sequência de escavação pelo Método Austríaco de Túneis e como fica a estação depois de concluída por este método.

Figura 10 – Escavação pelo Método Austríaco de Túneis



(fonte: adaptado de HADLICH et al., 2012, p. 106)

7 ACESSOS E BILHETERIAS EM ESTAÇÕES DE METRÔ

Este capítulo trata da localização dos acessos das estações, dos diferentes equipamentos de acesso e de bilheterias e dos requerimentos das normas de acessibilidade para acessos e bilheterias.

7.1 ACESSOS

Os acessos de uma estação são a ligação entre a rua e o interior da estação, chegando até as plataformas. De acordo com Hadlich et al. (2012, p. 113) os acessos de uma estação devem ser localizados em cruzamentos de ruas importantes ou em avenidas largas ou de trânsito intenso. Eles devem ser múltiplos, com preferência de localização em praças ou parques ao invés de passeios públicos. A fim de evitar que os usuários tenham que atravessar a rua e passar por um novo bloqueio para acessar a plataforma em uma direção contrária à qual o passageiro se encontrava originalmente, todos os acessos devem permitir ao passageiro tomar qualquer sentido da linha a partir do *hall* de distribuição.

Como os acessos a estações de metrô podem ter um impacto significativo na paisagem urbana, deve-se ter um cuidado especial com o seu paisagismo. O acesso deve se integrar bem à paisagem urbana existente, de forma a não causar estranheza à população. Seus pisos, sua vegetação e sua fachada devem espelhar as construções existentes no entorno da estação (HADLICH et al., 2012, p. 134). Um bom exemplo dessa integração é o acesso ilustrado na figura 11.

Figura 11 – Acesso da estação Paraíso em São Paulo



(fonte: HADLICH et al., 2012, p. 135)

De acordo com Vuchic (2007, p. 403-404, tradução nossa) a localização e o número de acessos que uma estação possui afeta diretamente a percepção que um passageiro tem sobre o sistema de metrô. Como os passageiros sentem que já chegaram ao sistema quando chegam na estação, devem haver acessos às duas pontas da plataforma de forma a minimizar o trajeto do passageiro da entrada até o trem. Também é comum haver uma ligação direta do mezanino de uma estação a uma construção já existente que possua alta atratividade de pessoas, tais como hotéis, *shopping centers*, prédios comerciais ou outros meios de transporte, tais como estações de ônibus, estações de trem ou aeroportos. De acordo com Hadlich et al. (2012, p. 63) o metrô de São Paulo conta com mais de 600 estabelecimentos comerciais integrados à rede metroviária, incluindo cinco *shopping centers*, o que fornece uma renda não operacional significativa.

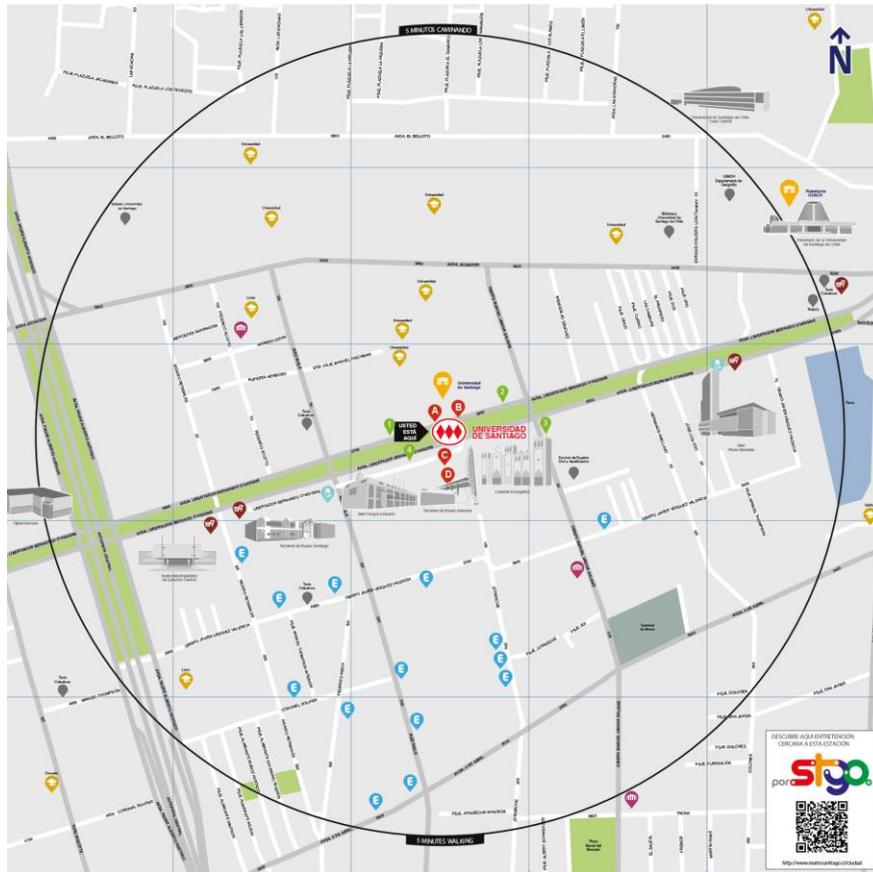
Duas normas brasileiras devem ser seguidas quando se trata de acessibilidade em estações de metrô. Uma delas é a norma NBR 9050, que trata da acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, e a outra é a norma NBR 14021, que trata da acessibilidade no sistema de trem urbano ou metropolitano. Ambas as normas são utilizadas neste trabalho,

tanto para definições em relação aos acessos de uma estação quanto para definições em outros capítulos.

De acordo com a NBR 14021 deve ser viabilizado o acesso nas estações para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Um acesso não necessita ser acessível para estas pessoas quando houver um acesso para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida a menos de 100 metros de distância do acesso em questão, ou quando há uma demanda inferior a 15% da demanda total da estação no acesso em questão, ou quando o local do acesso apresenta uma topografia não acessível. Quando todos os acessos a uma estação apresentarem topografia inacessível, ao menos um acesso deve ser adaptado para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 8-9).

Em relação à sinalização no lado externo dos acessos, esta deve ser tanto visual quanto tátil e deve conter o nome da estação e das linhas que podem ser acessadas, uma figura ilustrando as linhas e a estação, o horário de funcionamento da estação, o horário de funcionamento do acesso e de acessos alternativos e a identificação do acesso por meio de número, letra ou nome (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 25). Em alguns lugares do mundo também é disposto um mapa com a localização precisa do acesso em relação à região da cidade onde o acesso se encontra, inclusive mostrando o tempo de caminhada até locais próximos, o que é uma ideia bem interessante por permitir que o usuário sempre saiba a sua localização ao sair da estação. A figura 12 mostra o mapa utilizado em uma estação do metrô de Santiago, no Chile, que também indica o tempo de caminhada até o limite da região circulada no mapa, enquanto a figura 13 mostra a localização do mapa junto a um acesso no metrô de Bilbao, na Espanha.

Figura 12 – Mapa de localização da estação Universidad de Santiago



(fonte: SANTIAGO, c2009)

Figura 13 – Acesso de uma estação de Bilbao com mapas de localização



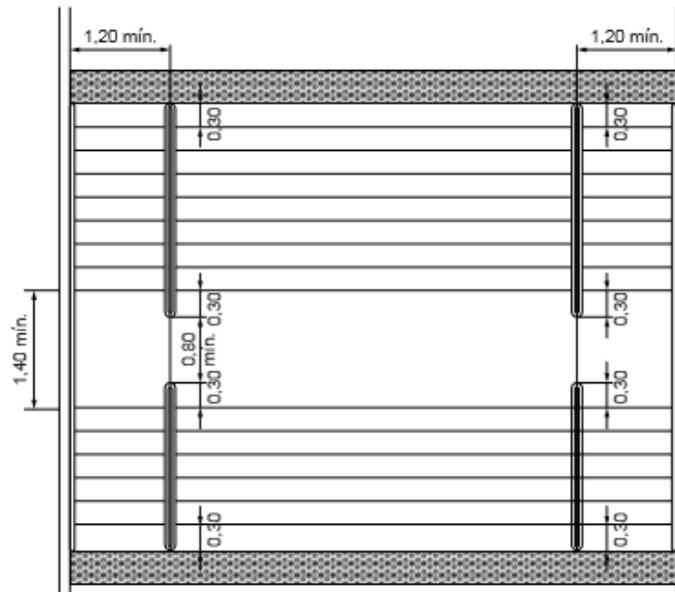
(fonte: CABALLERO, 2011)

7.1.1 Escadas Fixas

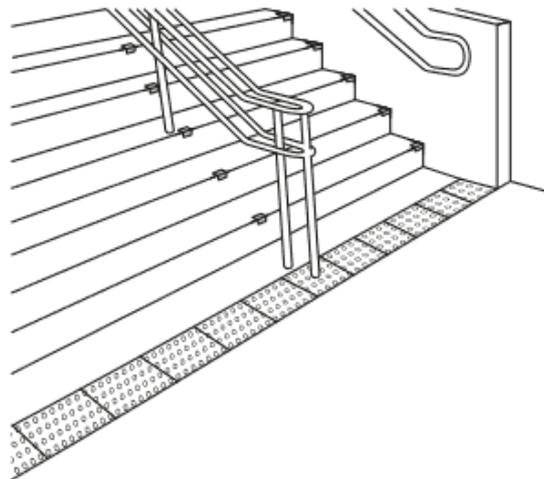
De acordo com a norma NBR 9050 As dimensões dos espelhos e dos pisos das escadas devem ser constantes em toda a sua extensão com os espelhos podendo ter entre 0,16 e 0,18 metros e os pisos podendo ter entre 0,28 e 0,32 metros. Os pisos devem ser antiderrapantes, geralmente se utilizando frisos nas pontas dos degraus. A projeção dos pisos dos degraus não pode ultrapassar 1,5 centímetros quando a escada estiver localizada em rotas acessíveis (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015, p. 61-65).

A largura das escadas é determinada pelo fluxo de pessoas, sendo no mínimo de 1,20 metros em rotas acessíveis. Devem haver corrimãos tanto a 0,70 quanto a 0,92 metros do chão com extensão horizontal de 0,30 metros além do final da escada. Se a escada possuir uma largura igual ou superior a 2,40 metros é necessária a instalação de ao menos um corrimão intermediário, sempre respeitando a largura de 1,20 metros para circulação. Este corrimão intermediário pode ser interrompido em patamares da escada que tiverem um comprimento igual ou superior a 1,40 metros. Deve haver piso tátil tanto no início quanto no final das escadas. A figura 14 mostra como deve ser feita uma escada com corrimão intermediário interrompido, como descreve a norma NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015, p. 61-65).

Figura 14 – Exemplo de escada com corrimão intermediário interrompido



a) Vista superior



b) Perspectiva

(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2012, p. 64)

7.1.2 Escadas Rolantes

É extenso o uso de escadas rolantes por sistemas de metrô relativamente novos. Os metrô de Toronto, São Francisco e Washington possuem uma média de 3 a 7 escadas rolantes por estação (VUCHIC, 2007, p. 404, tradução nossa).

Escadas rolantes para metrô possuem entre 27 e 35 graus de inclinação (VUCHIC, 2007, p. 404, tradução nossa). Um ângulo de inclinação de 30 graus facilita a construção de escadas

fixas ao lado das escadas rolantes (HADLICH et al., 2012, p. 116). Escadas fixas ao lado de escadas rolantes facilitam a evacuação de passageiros em caso de incêndio na estação, já que fornecem uma largura maior para o escoamento de pessoas. Para as escadas rolantes serem utilizadas em evacuações de emergência elas devem cumprir uma série de requisitos (KADOKURA et al., 2012). Assim é recomendável o uso de escadas fixas junto a escadas rolantes sempre que possível. Porém, como se observa na figura 15, existem estações em Londres que possuem acesso exclusivamente por escadas rolantes, estas sendo de uma faixa e meia a fim de permitir que passageiros que tenham mais pressa possam subir ou descer a escada pela esquerda enquanto que os passageiros que preferem ficar imóveis na escada rolante permanecem à direita (DUELL, 2015, tradução nossa).

Figura 15 – Escadas rolantes da estação de Holborn em Londres



(fonte: DUELL, 2015)

De acordo com Vuchic (2007, p. 404, tradução nossa) a profundidade mínima para a utilização de escadas rolantes fica entre 3 e 3,5 metros. As escadas rolantes normalmente possuem entre 2 e 3 andares de altura. Elas podem ter uma, uma e meia ou duas faixas, tendo 0,8, 1 e 1,20 metros de largura respectivamente. Assim, sua capacidade também é modificada de acordo com o número de faixas. Para uma faixa, a capacidade é de 6000 pessoas por hora,

para uma e meia é de 7000 pessoas por hora e para duas faixas é de 8000 pessoas por hora. De acordo com Hadlich et al. (2012, p. 118) o parâmetro do metrô de São Paulo para a utilização de escadas rolantes em uma estação é que exista uma demanda superior a 6500 usuários por hora. Os mesmos autores recomendam que sejam instaladas no mínimo uma escada rolante por sentido com uma escada fixa ao lado.

As escadas rolantes podem ter ativação automática a partir de sensores de movimento, assim permanecendo imóveis enquanto não houver utilização, reduzindo o consumo de energia. Elas também podem ser reversíveis quando há grande diferença de fluxo entre os dois sentidos em diferentes horários, alterando o seu sentido de acordo com a necessidade. Também é importante salientar que quando uma escada rolante for operada ao ar livre, o seu custo de manutenção sofre um acréscimo de 10% a 15%. (VUCHIC, 2007, p. 405, tradução nossa).

Em relação à sinalização para escadas rolantes, a norma NBR 9050 indica que deve haver sinalização permanente com instruções de uso, indicação da posição para embarque, indicação dos pavimentos atendidos e indicação do sentido do movimento-limite dos degraus em cor contrastante. Também deve haver sinalização tátil de piso antes da escada rolante nos dois pavimentos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015, p. 66).

7.1.3 Rampas e Plataformas de Elevação Inclinadas

As rampas e plataformas de elevação inclinada, assim como os elevadores, são utilizadas com foco em pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Ambos geralmente se localizam junto a escadas fixas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 24).

As plataformas de elevação inclinada devem possuir sinalização no piso indicando a área de espera para embarque e o limite da projeção do percurso do equipamento sobre a escada fixa. Os dispositivos de comando da plataforma devem estar posicionados de forma com que possam ser utilizados facilmente por cadeirantes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 24).

As rampas devem possuir uma inclinação máxima de 8,33 % (1:12), porém para inclinações maiores que 6,25 % (1:16) é recomendado a criação de áreas de descanso a cada 50 metros de

percurso. A largura mínima recomendada para rampas em rotas acessíveis é 1,5 metros, com o mínimo permitido sendo 1,2 metros. Elas devem possuir dois pares de corrimãos, um a 0,7 metros de altura e outro a 0,92 metros de altura. Deve haver piso tátil indicando o início e o final da rampa e ao menos 1,20 de extensão do piso antes do início e depois do final da rampa. Sempre que houverem escadas em rotas acessíveis, devem haver rampas ou equipamentos eletromecânicos de transporte vertical associados a elas, sempre dando preferência à utilização de rampas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015, p. 58-61).

7.1.4 Elevadores

Elevadores são geralmente utilizados em estações de metrô em duas situações. Uma é quando as estações se encontram em profundidades muito grandes, como na estação de Hampstead em Londres, que tem 55 metros de profundidade, e a outra é para o acesso de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida (VUCHIC, 2007, p. 405, tradução nossa). Inclusive a norma NBR 14021 recomenda o uso de elevadores como forma de acesso preferencial para tais pessoas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 8). De acordo com Vuchic (2007, p. 405, tradução nossa) nos Estados Unidos elevadores também são utilizados para o acesso de pessoas com bagagem e deficientes visuais além de pessoas com mobilidade reduzida. O motivo dos elevadores não serem utilizados tão frequentemente em acessos de estação é que eles apresentam um movimento descontínuo e possuem um alto custo de manutenção. De acordo com Hadlich et al. (2012, p. 118) é parâmetro do metrô de São Paulo que sempre existam elevadores e rampas para pessoas com mobilidade reduzida que façam a ligação da rua até a plataforma.

De acordo com a NBR 14021 deve haver piso tátil junto a porta do elevador e sinalização visual e tátil indicando a posição para embarque, os pavimentos atendidos e as instruções de uso (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 8-9).

7.2 BILHETERIAS E LINHA DE BLOQUEIO

Após os usuários do sistema entrarem na estação pelos seus acessos eles são direcionados para as bilheterias e linha de bloqueio, onde é acessada a área operacional, que é o espaço

pago da estação. A partir da entrada neste espaço, outros equipamentos de deslocamento vertical, como os dos acessos, são utilizados para direcionar o fluxo de pessoas às plataformas (HADLICH et al., 2012, p. 112). A quantidade de equipamentos de compra de bilhete e a quantidade de equipamentos de acesso são determinadas em função da demanda máxima por hora-pico da estação (HADLICH et al., 2012, p. 116).

7.2.1 Linha de Bloqueio

Na linha de bloqueio são utilizados equipamentos de controle de acesso para permitir com que apenas passageiros pagantes possam acessar as plataformas. Tais equipamentos funcionam de forma automática, com a entrada liberada a partir da leitura do bilhete do passageiro. Em estações onde se deseje criar uma passagem subterrânea para pedestres, deve haver um mezanino um andar acima do andar do bloqueio a fim de evitar a cobrança de tarifa para uma simples travessia subterrânea de rua (HADLICH et al., 2012, p. 116).

A linha de bloqueio pode também não ser utilizada. Ao invés da linha de bloqueio, é feita uma fiscalização periódica nos próprios veículos na qual os passageiros devem mostrar prova de que pagaram pela viagem, caso o passageiro não possua comprovação da compra da passagem é cobrada uma multa. Tal sistema tem a capacidade de eliminar andares inteiros de estações, diminuir custos operacionais e melhorar o fluxo de passageiros. Este sistema é utilizado em algumas cidades alemãs, americanas e do leste europeu (VUCHIC, 2007, p. 401-403, tradução nossa). Claramente o grande problema deste sistema é que ele favorece muito o não pagamento da tarifa pelos passageiros, dependendo muito da honestidade dos usuários do sistema. Outro problema também é que tal sistema dificulta uma cobrança de passagem por quilômetro andado, o que, de acordo com Hadlich et al. (2012, p. 42), é o sistema de cobrança utilizado no metrô de Tóquio, no Japão.

Pelo menos um dos equipamentos de controle de acesso na linha de bloqueio deve ser adaptado para o seu uso por pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida. Este equipamento deve ter uma largura livre mínima de 0,80 metros quando quando sua extensão for igual ou menor do que 0,40 metros e uma largura livre mínima de 0,90 metros quando sua extensão for maior do que 0,40 metros. Na aproximação do equipamento deve haver espaço suficiente para que um cadeirante possa fazer manobras de 360° (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 10-11).

Nas novas estações do metrô de São Paulo tem-se utilizado portas de vidro com aproximadamente 1,60 metros de altura. Essas portas são mostradas na figura 16. Tal medida dificulta muito a prática anteriormente comum de passageiros passarem por cima ou por baixo das catracas sem pagarem a passagem. (HADLICH et al., 2012, p. 116).

Figura 16 – Linha de bloqueio na estação Paulista em São Paulo



(fonte: HADLICH et al., 2012, p. 149)

Em relação à sinalização nos equipamentos de controle de acesso, a norma NBR 14021 indica que deve haver sinalização visual sobre o uso dos equipamentos para embarque ou saída, tipo de passagem, atendimento preferencial e uso por pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. É recomendado que esta sinalização seja colocada sobre os equipamentos a uma altura mínima de 2,10 metros. Tal sinalização pode ser observada na figura 16. Nos equipamentos deve haver sinalização visual e tátil indicando o local de inserção do bilhete ou cartão e informação visual e sonora dizendo a quantidade de créditos restantes. Nos equipamentos destinados a deficientes visuais deve ser colocado piso tátil antes e depois do equipamento, o que pode ser observado em um lado do equipamento na figura 16. Na área não

paga do mezanino próxima aos equipamentos de acesso deve haver informação visual e tátil sobre a estação e as linhas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 28). De acordo com Hadlich et al. (2012, p. 161) em algumas estações de São Paulo são utilizados tótems com mapa tátil para os deficientes visuais contendo informações sobre a planta da estação e as possíveis conexões com outras linhas.

7.2.2 Equipamentos de Compra de Bilhetes

A compra de bilhetes em uma estação de metrô pode ser feita tanto a partir de equipamentos de auto-atendimento quanto bilheterias com funcionários bilheteiros. Deve ser permitida a utilização com autonomia por pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 9).

De acordo com a norma NBR 14021 alguns detalhes devem ser observados em relação aos equipamentos de compra de bilhetes. O balcão da bilheteria não deve ter mais do que 1,05 metros de altura e tanto nas bilheterias quanto nos equipamentos de auto-atendimento ele deve ter uma superfície que facilite o recolhimento dos bilhetes e de moedas. O monitor dos equipamentos de auto-atendimento deve estar em uma posição que permita a sua visualização tanto por uma pessoa de pé quanto por um cadeirante. Os dispositivos que podem ser operados pelo usuário nestes equipamentos devem estar em uma altura entre 0,40 e 1,37 metros com uma profundidade máxima de 30 centímetros em relação à face do equipamento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 9).

Em relação à sinalização nos equipamentos de compra de bilhete, a norma NBR 14021 indica que deve haver informação visual e sonora sobre os tipos de bilhete e tarifas, além de sinalização visual a partir do uso de símbolos para indicar os equipamentos e o atendimento preferencial. Também deve ser utilizado piso tátil na frente das bilheterias e equipamentos de auto-atendimento (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 27).

Em São Paulo são utilizadas bilheterias blindadas, como pode ser observado na figura 17. Tal medida ajuda a prevenir assaltos e o trauma psicológico causados por estes aos funcionários bilheteiros (HADLICH et al., 2012, p. 160).

Figura 17 – Bilheteria blindada na Estação da Luz em São Paulo



(fonte: HADLICH et al., 2012, p. 160)

8 CIRCULAÇÃO NAS ESTAÇÕES DE METRÔ

A circulação de uma estação é o conjunto de ligações entre os acessos e as plataformas. Tais ligações são feitas através de escadas fixas, escadas rolantes, elevadores, escadas de emergência e corredores. A largura dos corredores e o número e largura dos equipamentos de deslocamento vertical são determinados a partir da demanda esperada em horários de pico na estação, também levando em conta estimativas de crescimento para os próximos 20 anos. É importante também que os corredores não sejam muito longos e não possuam pontos cegos, a fim de que câmeras e funcionários de segurança sejam capazes de monitorar toda a extensão da estação. Se houver espaço nos mezaninos da estação, podem ser instalados estabelecimentos comerciais (HADLICH et al., 2012, p. 114-116). A instalação destes estabelecimentos comerciais é mais uma forma do sistema de metrô conseguir uma receita fora da venda de passagens. Em São Paulo esta receita chega a corresponder a 7% de todo o faturamento da empresa que gerencia o metrô (HADLICH et al., 2012, p. 63).

Deve haver uma rota acessível que ligue o exterior da estação até o interior do trem, passando pelos equipamentos de controle de acesso. Em situações de emergência deve ser avaliada a necessidade de utilização de equipamentos de resgate, que varia de acordo com a arquitetura da estação e portanto fica a critério da empresa responsável pelo metrô (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 7)

Em relação aos materiais utilizados na estação, é desejável que estes tenham uma vida útil de no mínimo 30 anos a fim de proporcionar uma maior durabilidade à estação. Para facilitar a manutenção da estação, os materiais também devem ser resistentes ao vandalismo e fáceis de limpar e repor. Alguns materiais com os quais deve-se ter estes cuidados em mente são os pisos, fechamentos, forros, portas, guarda-corpos e luminárias (HADLICH et al., 2012, p. 126-128).

8.1 SINALIZAÇÃO NA CIRCULAÇÃO

De acordo com a norma NBR 14021 para a sinalização de embarque devem ser indicados, a partir dos acessos, as áreas essenciais da estação e plataformas de embarque, com a palavra

embarque sendo utilizada. Na sinalização de saída devem ser indicados, a partir da plataforma, as áreas essenciais da estação, as saídas, os outros modos de transporte aos quais este se integra e os locais de interesse nos arredores da estação, com a palavra **saída** sendo utilizada. A sinalização visual utilizada para a indicação de outros modos de transporte, tais como ônibus, táxis ou aviões pode ser conferida na norma NBR 14021. Também deve haver uma linha-guia orientando os caminhos de embarque e saída (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 23).

Deve haver sinalização visual e sonora sobre situações de emergência ou anormalidade do sistema. Toda informação fornecida pelo sistema de som também deve ser visual. Devem ser utilizados textos e figuras ao longo da estação e dentro dos veículos indicando a rede a qual o sistema de metrô pertence e o entorno das estações (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 21). Na figura 18 é apresentado o mapa utilizado para o metrô de Londres.

Figura 18 – Mapa do metrô de Londres



(fonte: LONDON, 2016)

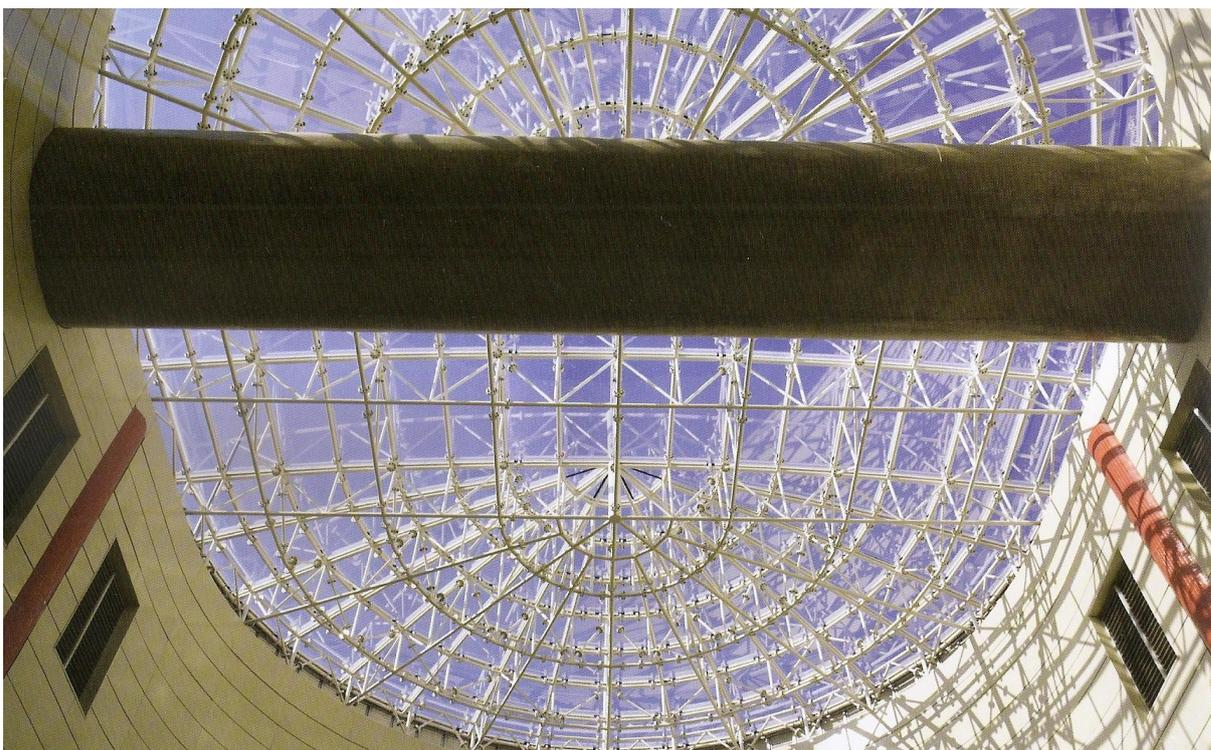
De acordo com Hadlich, Duwe e Velo (2012, p. 143) nas estações mais novas do metrô de São Paulo é utilizado piso tátil em toda a extensão da estação que indica os caminhos de embarque e saída. Este piso tátil é disposto em linha e possui uma cor contrastante com o piso, a fim de auxiliar deficientes visuais com baixo índice de visão. Tanto o piso tátil quanto a sua coloração devem ser duráveis e de fácil manutenção. Este piso tátil pode ser observado na figura 16 previamente apresentada neste trabalho.

8.2 ILUMINAÇÃO DA ESTAÇÃO

A iluminação em uma estação tem como objetivo principal facilitar a orientação, segurança e proteção dos passageiros. Ela também é utilizada para valorizar a arquitetura da estação e diminuir a sensação de claustrofobia comum em construções subterrâneas. Devem ser utilizadas lâmpadas e luminárias encontradas facilmente no mercado a fim de facilitar a sua reposição. Elas também devem reascender sem demora logo após a ocorrência de lapsos de energia. Nos acessos, a iluminação deve contribuir para a localização dos mesmos pelo usuário do metrô (HADLICH et al., 2012, p. 129). É interessante o uso de luminárias em alinhamento contínuo nas bordas de plataformas, em mezaninos e em corredores, de forma que a iluminação, junto com o piso tátil, auxilie no deslocamento de passageiros com subvisão, que representam 80% dos deficientes visuais (HADLICH et al., 2012, p. 148). A iluminância média mínima para cada um dos ambientes da estação é especificada na norma NBR 14021 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 36).

Uma boa solução para a melhora do conforto e para a economia de energia é a utilização de iluminação natural nas estações. Para se obter luz natural suficiente para o bom funcionamento da estação são utilizadas coberturas de vidro laminado que são colocadas sobre os poços da estação de forma que, a partir de grandes aberturas nas lajes dos mezaninos, a luz consiga chegar até a plataforma de embarque. Para evitar um grande aquecimento da estação e o risco de queimaduras solares, o vidro da cobertura recebe um tratamento para o controle de radiação infravermelho e ultravioleta. As estações Luz e Butantã do metrô de São Paulo foram construídas com essas coberturas de vidro (HADLICH et al., 2012, p. 152). Na figura 16 é possível observar o uso de iluminação natural na linha de bloqueio enquanto que a figura 19 apresenta uma dessas coberturas de vidro.

Figura 19 – Cobertura de vidro na Estação da Luz em São Paulo



(fonte: HADLICH et al., 2012, p. 152)

8.3 SALAS OPERACIONAIS DE USO PÚBLICO

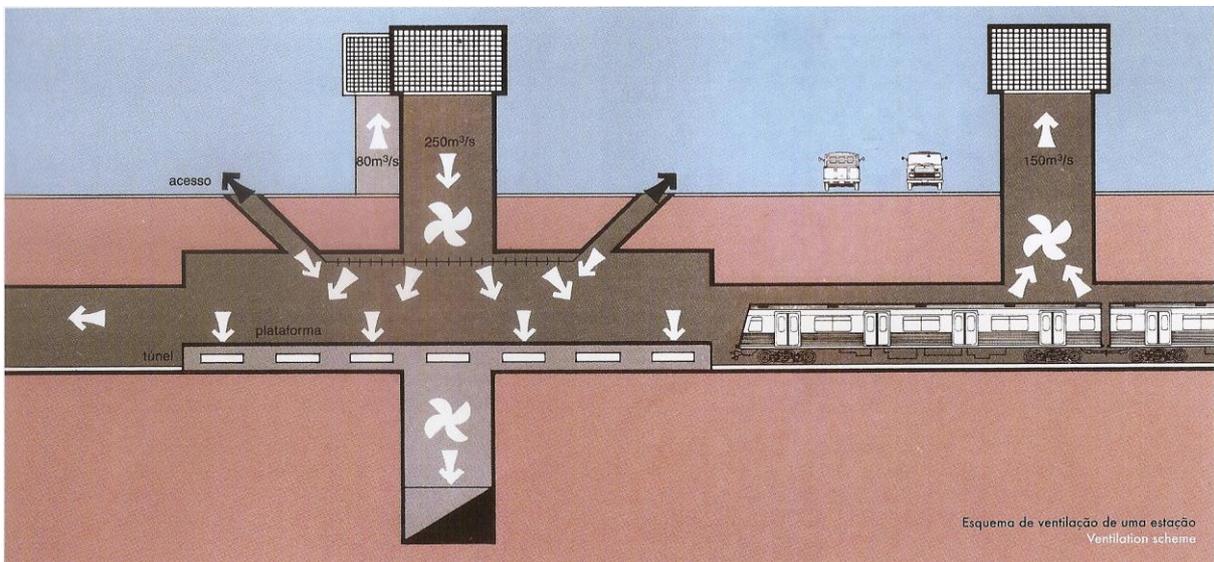
A norma NBR 14021 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 7) indica que salas operacionais que são acessadas pelo público, tais como sanitários, salas de primeiros socorros e salas de supervisão, devem ter ligação com a rota acessível. Deve haver preferencialmente um sanitário acessível próximo à sala de primeiros socorros. De acordo com Hadlich et al. (2012, p. 116) a sala de supervisão operacional deve-se localizar em uma das extremidades da linha de bloqueio, com fechamento de vidro e vista para as bilheterias e para os equipamentos de acesso. Os sanitários públicos, a sala de primeiros socorros e a sala do supervisor geral devem ser localizados próximos à linha de bloqueio, na área paga da estação.

8.4 ÁREAS DE USO OPERACIONAL FECHADAS AO PÚBLICO

Até 20% do espaço físico de uma estação é composto por áreas fechadas ao público. Entre elas existem salas destinadas ao uso exclusivo dos funcionários da estação, tais como escritórios, vestiários, sanitários, refeitórios, depósitos e salas de lixo. Também existem salas técnicas que abrigam equipamentos importantes, tais como transformadores, painéis de comando, geradores de energia a diesel para o caso de falta de energia e alimentadores da tração do trem. Os shafts para os sistemas hidráulico, elétrico e de ventilação também entram nessa porcentagem (HADLICH et al., 2012, p. 118).

Os dutos de ventilação, em especial, ocupam um grande espaço na estação, pois sua seção pode chegar a ter uma área de até doze metros quadrados. Esse sistema movimenta todo o ar da estação, retirando o ar viciado do subterrâneo e o trocando por ar fresco proveniente da superfície (HADLICH et al., 2012, p. 118). Na figura 20 é apresentado o esquema do sistema de ventilação de uma estação.

Figura 20 – Esquema de ventilação de uma estação



(fonte: HADLICH et al., 2012, p. 119)

8.5 PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIO

De acordo com a norma NBR 9050 devem haver rotas de fuga sinalizadas e iluminadas com dispositivos de balizamento e as portas desta rota devem ser dotadas de barras antipânico. Quando houverem escadas ou elevadores de emergência, o que é o normal para estações de metrô, devem ser previstas áreas de resgate para cadeirantes devidamente sinalizadas. Esta área deve ser localizada fora do fluxo principal de circulação, ter ventilação, permitir um giro de 180 graus da cadeira de rodas e ter um dispositivo de emergência ou intercomunicador (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 56-57).

A lei complementar número 14376 do estado do Rio Grande do Sul define as medidas de segurança contra incêndio para estações de metrô. Tais estações se enquadram na divisão F-4 desta lei, que trata de estações e terminais de passageiros (RIO GRANDE DO SUL, 2013, p. 22). Como as plataformas de uma estação por si só já superam 750 metros quadrados de área, as medidas de segurança contra incêndio previstas para estações em qualquer profundidade são: acesso a viaturas do corpo de bombeiros, segurança estrutural contra incêndios, controle de materiais de acabamento, saídas de emergência, plano de emergência, brigada de incêndio, iluminação de emergência, detecção de incêndio em locais onde haja carga de incêndio como escritórios, casa de máquinas e locais com teto ou forro falso com revestimento combustível, alarme de incêndio, sinalização de emergência, extintores, hidrantes e mangotinhos. A partir de 12 metros de profundidade a estação necessita compartimentação vertical na selagem dos *shafts* e dutos de instalações e a partir de 30 metros de profundidade ela necessita compartimentação vertical total. A utilização de chuveiros automáticos é obrigatória em qualquer profundidade quando a área edificada for superior a 10000 metros quadrados ou para qualquer área a partir de 23 metros de profundidade. Para profundidades superiores a 60 metros devem haver elevadores de emergência e controle de fumaça (RIO GRANDE DO SUL, 2013, p. 49-50).

9 PLATAFORMAS DE ESTAÇÕES DE METRÔ

As plataformas de uma estação são os locais onde ocorre o embarque e desembarque de passageiros nos trens do sistema de metrô. De acordo com Vuchic (2007, p. 393-395, tradução nossa) existem diferentes tipos de configuração de plataformas, sendo as plataformas laterais simples e as plataformas centrais simples as configurações mais comuns. Os veículos do metrô podem ter portas em ambos os lados, portanto diferentes estações podem ter diferentes configurações de plataforma. De acordo com Hadlich et al. (2012, p. 113-114) são fatores que influenciam a escolha do tipo de plataforma a localização dos aparelhos de mudança de vias, o método construtivo, a presença de possíveis estacionamentos de trens ao longo da via e as características do carregamento da linha. É recomendado que o traçado das vias não seja curvado nas plataformas, a fim de impedir que sejam deixados vãos grandes entre a plataforma e o veículo.

Em relação às dimensões das plataformas, Vuchic (2007, p. 393-395, tradução nossa) indica que o comprimento da plataforma deve ser o comprimento do trem mais longo a ser utilizado mais uma distância de frenagem de 5 a 10 metros para sistemas nos quais os condutores sejam responsáveis pela frenagem. Em sistemas que possuem operação automática dos trens não é necessário deixar uma distância de frenagem já que ela é realizada com grande precisão nestes sistemas. O comprimento das plataformas geralmente fica entre 100 e 180 metros. Segundo Hadlich et al. (2012, p. 116), a largura de uma plataforma varia de acordo com a demanda prevista e as características da linha. A largura mínima recomendada para áreas de acumulação é 4 metros, considerando aproximadamente dois passageiros por metro quadrado. Quando houver uma emergência é necessário haver espaço suficiente na plataforma para acomodar todos os passageiros de um trem mais uma faixa de 50 centímetros da borda da plataforma por questão de segurança, de acordo com os autores caberiam cerca de mil pessoas em um único trem.

9.1 PLATAFORMAS CENTRAIS E PLATAFORMAS LATERAIS

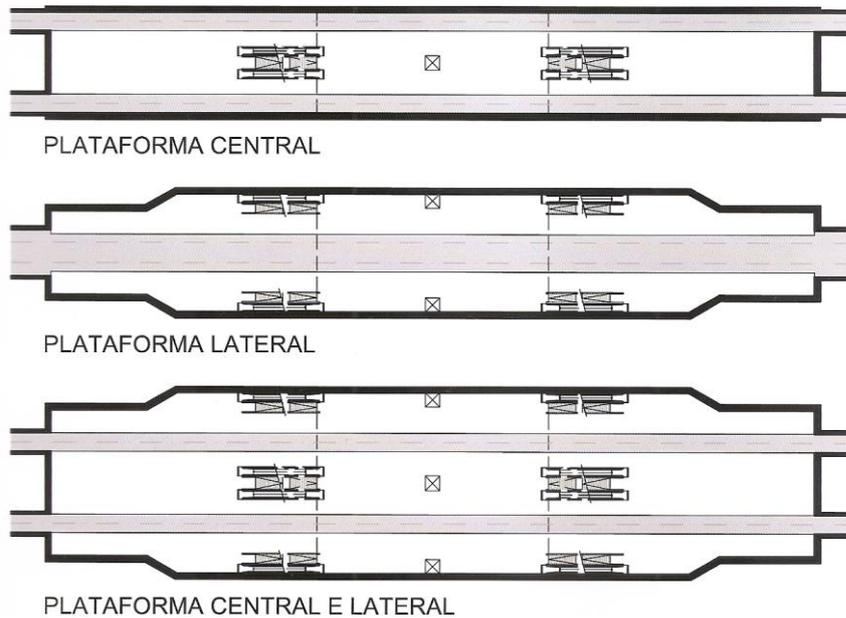
Plataformas centrais se caracterizam por uma plataforma única entre os dois sentidos da via que serve para o acesso aos veículos tanto em uma direção quanto na outra. As plataformas centrais tem a vantagem de ocuparem menos espaço do que as plataformas laterais, por serem dimensionadas para o pico de uso em uma direção mais o seu contrafluxo. O uso dessa plataforma central única também facilita a sua supervisão por câmeras ou funcionários de segurança, diminui os custos com equipamentos de acesso à plataforma e demais equipamentos presentes na plataforma e facilita a troca de sentido pelos passageiros, eliminando a necessidade de um mezanino para que tal troca ocorra (VUCHIC, 2007, p. 395, tradução nossa).

As plataformas laterais se tratam de duas plataformas em lados opostos com cada uma servindo de acesso para apenas um dos sentidos. As plataformas laterais diminuem a possibilidade que passageiros se confundam em relação aos sentidos do trem e diminuem custos de construção dos túneis na aproximação da plataforma, já que em plataformas centrais é necessário um alargamento dos túneis a fim de permitir que os trens cheguem na plataforma após fazerem uma curva em “S”. Elas também permitem que seja feita uma separação entre os fluxos direcionais de passageiros, o que pode ser desejável por motivos de operação ou de cobrança de passagem (VUCHIC, 2007, p. 395, tradução nossa).

9.2 OUTRAS CONFIGURAÇÕES DE PLATAFORMAS

Além das mais comuns plataformas centrais e laterais, outros tipos de configuração também podem ser utilizados. Uma possibilidade é uma configuração mista, com a utilização de duas plataformas laterais e uma central, de forma com que o embarque é realizado pelas plataformas laterais e o desembarque é feito pela plataforma central. Tal configuração diminui bastante o tempo de embarque, já que o embarque e o desembarque são feitos ao mesmo tempo. Alguns lugares nos quais essa configuração é utilizada são Boston, Munique e Barcelona (VUCHIC, 2007, p. 395, tradução nossa). Hadlich et al. (2012, p. 114) recomendam esta configuração em terminais de grande carregamento ou de integração. A figura 21 mostra uma comparação entre as configurações de plataforma lateral, central e mista.

Figura 21 – Comparação entre três tipos de configuração de plataformas

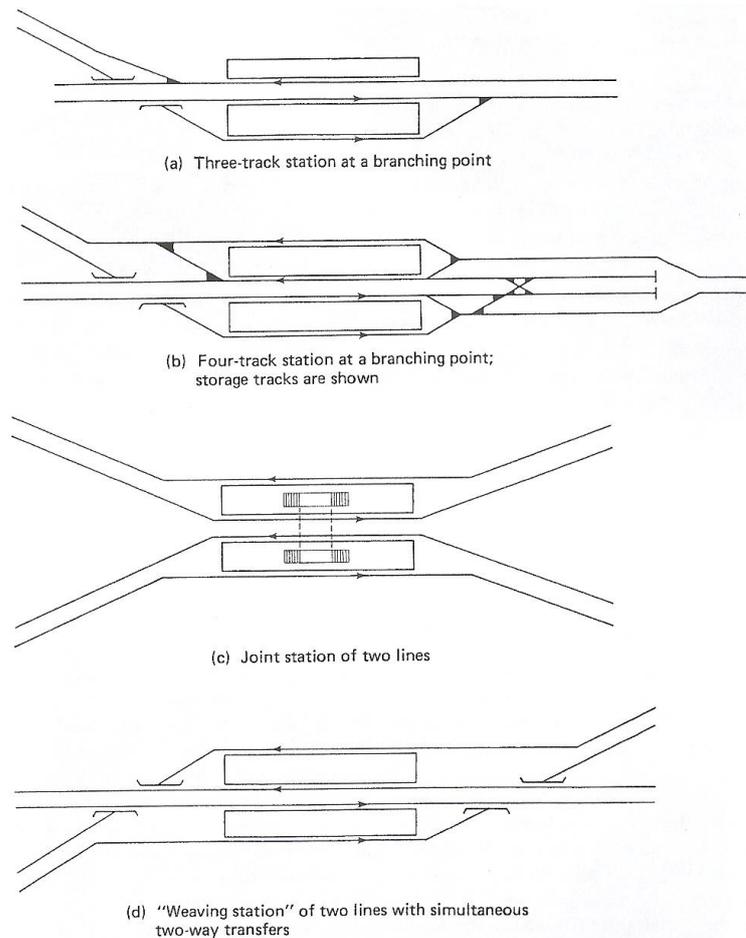


(fonte: HADLICH et al., 2012, p. 115)

No caso de linhas com serviço expresso é preciso deixar mais espaço entre as plataformas laterais em estações nas quais o serviço expresso não vai parar, de forma que exista espaço suficiente para quatro faixas. Nas estações de embarque em serviços expressos é possível utilizar duas plataformas do tipo central com uma faixa passando em cada lado de cada uma das plataformas. Tais configurações de plataforma são encontradas em Nova York e na Filadélfia (VUCHIC, 2007, p. 393-395, tradução nossa).

Em estações que servirem duas linhas é possível arranjar as plataformas de forma a fazer o embarque de ambas as linhas no mesmo nível da estação. Essa intersecção é feita normalmente com o uso de duas plataformas do tipo central. No caso de duas linhas derivarem de uma mesma linha em uma estação é possível utilizar uma configuração com uma plataforma lateral e uma central. Na figura 22 é possível observar diferentes opções de configurações das plataformas para esses casos (VUCHIC, 2007, p. 395-396, tradução nossa).

Figura 22 – Configurações de plataformas para encontros entre duas linhas



(fonte: VUCHIC, 2007, p. 396)

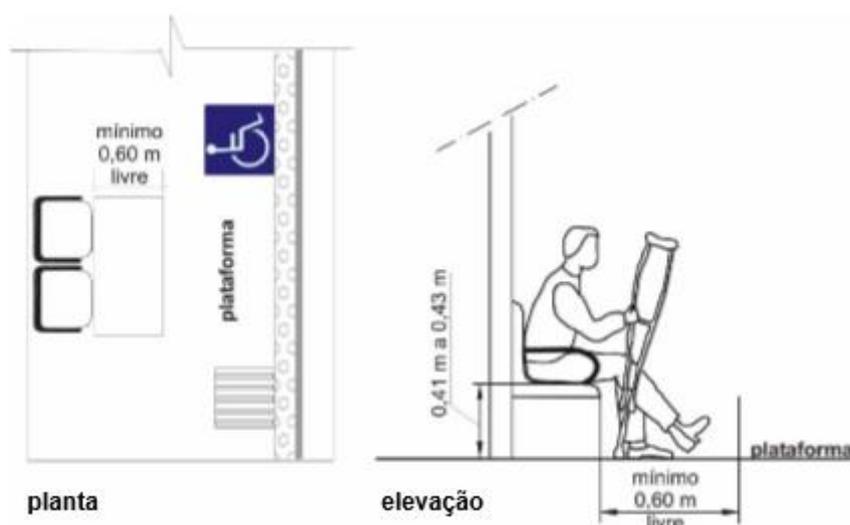
Um caso especial é quando há muitas restrições em relação às desapropriações para a construção da estação. Por exemplo, pode haver um prédio tombado no entorno ou alguma praça com árvores que não podem ser removidas. Nesses casos pode ser necessário colocar as plataformas de uma mesma linha em níveis diferentes de forma a utilizar escavações menos largas. Uma estação na qual foi necessária essa medida é a estação Marechal Deodoro do metrô de São Paulo (HADLICH et al., 2012, p. 115).

9.3 ACESSIBILIDADE NAS PLATAFORMAS E NOS VEÍCULOS

As plataformas de uma estação devem ter uma faixa de pelo menos 1,20 metros de largura para a circulação dos passageiros, enquanto que nos locais de embarque e desembarque de cadeirantes deve haver uma largura de no mínimo 1,50 metros a fim de permitir a manobragem das cadeiras de rodas. Devem haver assentos preferenciais nas plataformas para

peças com deficiência ou mobilidade reduzida, tais assentos devem ter entre 41 e 43 centímetros de altura, ter apoio para os braços e possuir um espaço livre de no mínimo 60 centímetros à sua frente. Quando os intervalos entre trens com o mesmo destino forem menores do que 10 minutos, é necessário um mínimo de dois assentos preferenciais por plataforma, enquanto que nos demais casos o mínimo é quatro assentos preferenciais por plataforma. Em situações de emergência deve haver equipamento na plataforma para o resgate de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 11-13). Na figura 23 é possível observar um exemplo de assentos preferenciais na plataforma.

Figura 23 – Exemplo de assentos preferenciais na plataforma



(fonte: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA, 2005, p. 12)

O local de embarque e desembarque de cadeirantes deve estar a pelo menos 0,75 metros da borda da plataforma e ter um diâmetro mínimo de 1,50 metros para permitir as manobras da cadeira de rodas. O vão máximo permitido entre a plataforma e o trem para o acesso de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida é 10 centímetros e o desnível máximo permitido é 8 centímetros. Quando necessário, deve-se adaptar a porta dos veículos ou a plataforma para o acesso de cadeirantes. É preferível que os lugares de embarque e desembarque para deficientes visuais não sejam os mesmos dos passageiros com deficiência física a fim de evitar acidentes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 13-15). As portas dos veículos devem ter um mínimo de 1,20 metros de vão livre no

embarque e desembarque para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 18).

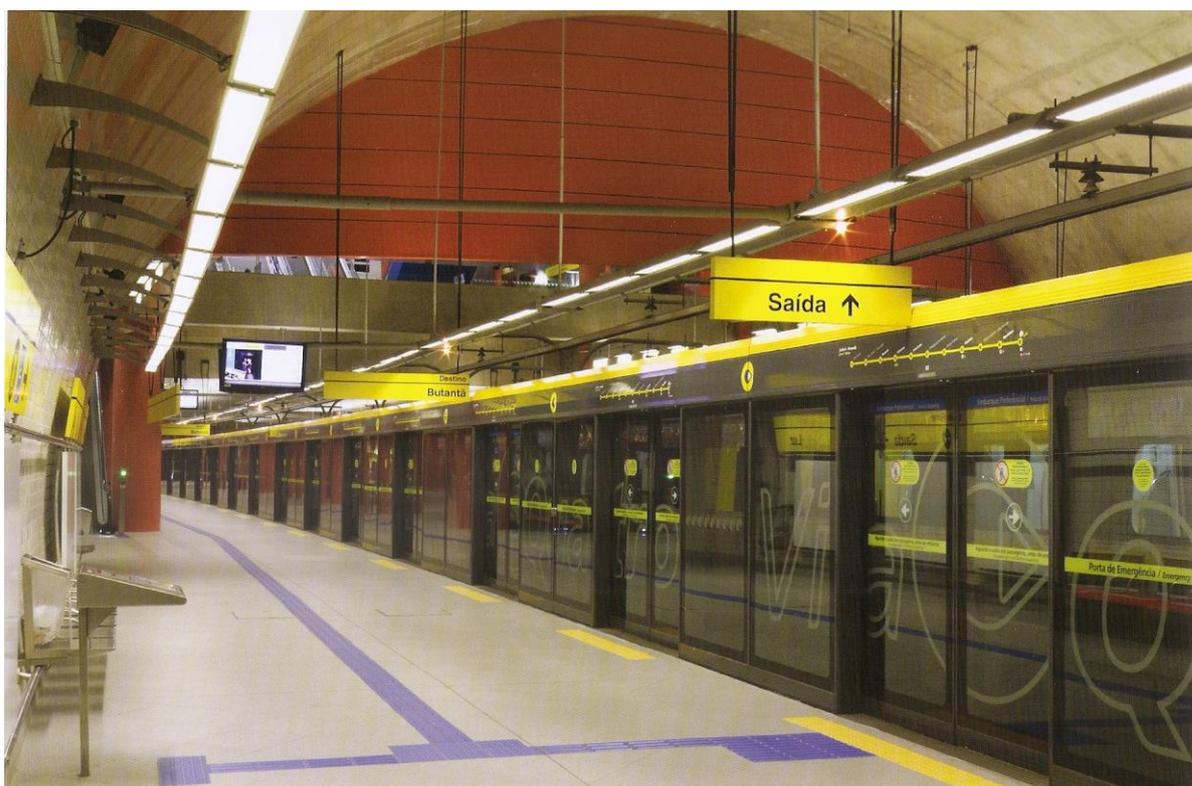
Em cada veículo deve haver ao menos um vagão que esteja apto a receber pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, preferencialmente próximo à cabine de condução do trem. Neste vagão deve haver espaço para as manobras e circulação da cadeira de rodas permitindo um giro de 360 graus. Também deve haver ao menos um módulo de 1,20 metros por 0,80 metros reservado para um cadeirante e posicionado perpendicularmente ao sentido do trem com barra de apoio de no mínimo 60 centímetros de comprimento. Quando houver um intervalo maior do que 10 minutos entre trens devem haver ao menos dois destes módulos para cadeirantes por trem (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 17-19).

Os assentos preferenciais dentro do trem devem ter entre 41 e 43 centímetros de altura, um espaço frontal livre de pelo menos 60 centímetros e uma barra de apoio ou balaústre. Estes assentos devem corresponder a ao menos 5% do total dos assentos de cada vagão do trem. No vagão adaptado a pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida deve haver ao menos um assento para pessoa obesa. Este assento deve ter largura equivalente à de dois assentos normais e deve resistir a um peso mínimo de 250 quilogramas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 19-20).

9.4 SINALIZAÇÃO NAS PLATAFORMAS

De acordo com a NBR 14021 o nome da estação deve ser claramente visível na plataforma, de forma com que a maioria dos passageiros que estão dentro do trem consigam enxergá-lo tanto se estiverem de pé quanto se estiverem sentados. As plataformas devem ser identificadas através de números, letras ou nomes. Deve também haver informação visual e sonora que identifique o destino de cada trem que utiliza a via (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 28). No metrô de Barcelona também são utilizados mapas das linhas dentro dos veículos com luzes que se acendem de acordo com a estação onde se encontra o veículo, como pode se observar na figura 24.

Figura 25 – Plataforma com portas de plataforma



(fonte: HADLICH et al., 2012, p. 124)

Deve haver sinalização transversal à plataforma a pelo menos 2,10 metros de altura indicando a localização dos equipamentos de circulação para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida e o local de embarque para tais pessoas. Nos locais de embarque para estas pessoas o símbolo internacional de acesso com dimensões de um metro por um metro deve ser colocado no piso, como é possível observar na figura 23. Onde for realizado o embarque de pessoas com deficiência visual deve ser colocado um piso tátil direcional de cor diferente junto à sinalização tátil de alerta existente. Este piso deve ter dimensões de 75 centímetros por 75 centímetros e pode ser observado na figura 25 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005, p. 29-32).

9.5 PORTAS DE PLATAFORMA E OUTROS EQUIPAMENTOS OPCIONAIS

Portas de plataforma são portas de vidro que são fixadas junto a uma barreira de vidro localizada na borda da plataforma. Estas portas abrem apenas junto das portas dos veículos, assim isolando a área da via enquanto não há embarque ou desembarque de passageiros. Tal

medida evita que usuários ou objetos caiam na via, resultando em uma melhor operação do sistema e maior segurança para os seus usuários. Elas também facilitam a automatização da via, resultando assim em uma economia devido à ausência de condutores para os veículos (HADLICH et al., 2012, p. 155). Como uma possível causa de incêndio na estação é o acúmulo de matéria orgânica na via, tais como fios de cabelo e papéis, as portas de plataforma também contribuem na prevenção de incêndios. Mesmo assim é necessário fazer limpezas periódicas nas vias (HADLICH et al., 2012, p. 125).

Uma inovação relativamente recente nas estações de metrô é a disponibilização de internet sem fio para os passageiros. As estações do metrô de Tóquio possuem esta tecnologia desde 2004 (HADLICH et al., 2012, p. 45). Enquanto que em Paris já são disponibilizados aplicativos que informam sobre os horários dos trens e o estado do sistema de metrô, além de sugerir rotas alternativas (HADLICH et al., 2012, p. 25).

Existem sistemas de metrô que são tão movimentados que nos horários de pico alguns vagões são reservados exclusivamente para alguns tipos de passageiros. Na Cidade do México esses vagões são reservados para mulheres e crianças (HADLICH et al., 2012, p. 51), enquanto que em Tóquio, além de mulheres e crianças, também tem essa vantagem estudantes de escola primária e portadores de deficiência (HADLICH et al., 2012, p. 42). Em sistemas tão carregados uma opção interessante para melhorar conforto dos passageiros é a utilização de ar-condicionado. No metrô de Tóquio todos os trens são equipados com ar-condicionado (HADLICH et al., 2012, p. 45).

Um elemento comum em estações de metrô é o uso de publicidade, especialmente nas plataformas, para a obtenção de uma renda a mais para o sistema. Em estações do metrô de São Paulo foram fixados tubos de aço inox às paredes das plataformas em duas alturas diferentes de forma a facilitar a fixação e troca de painéis de publicidade fixados com o uso de braçadeiras. Estes tubos também foram aproveitados para a fixação de lixeiras, extintores e assentos (HADLICH et al., 2012, p. 151). As lixeiras utilizadas nessas estações também são transparentes, com o propósito de facilitar a identificação de materiais explosivos que possam ser utilizados em ataques terroristas (HADLICH et al., 2012, p. 125). Na figura 26 é possível ver a utilização dos tubos de aço inox em uma plataforma.

Figura 26 – Utilização de tubos de aço inox em plataforma da estação República



(fonte: HADLICH et al., 2012, p. 151)

10 CONSIDERAÇÕES PARA O CASO ESPECÍFICO DO METRÔ DE PORTO ALEGRE

Neste capítulo são analisadas as informações apresentadas neste trabalho e são sugeridas as melhores opções de instalações e equipamentos para as novas estações de metrô de Porto Alegre. Por se apoiar inteiramente no que já foi apresentado no trabalho, este capítulo não possui citações. Primeiro são feitas considerações em relação a todas as estações e depois é analisado o caso específico de cada uma das 12 estações subterrâneas planejadas para o metrô de Porto Alegre.

10.1 CONSIDERAÇÕES PARA TODAS AS ESTAÇÕES

Em relação aos métodos construtivos das estações, é preferível que sejam utilizados ou o método invertido ou o Método Austríaco de Túneis. O *cut and cover* tradicional ocupa uma área muito grande na superfície e pode causar muitos transtornos, especialmente se houverem atrasos na conclusão das obras. É importante também lembrar que as estações estão previstas para chegar a profundidades entre 24 e 35 metros, o que pode ser considerado bem profundo. Assim, o Método Austríaco de Túneis leva uma certa vantagem já que ele gera estações mais verticais. Porém esse método não permite reaterro, o que significa que é necessário haver espaço físico suficiente fora da via para a sua execução. Para as vias, a utilização do método *shield* é preferível por não causar interferências na superfície. Por mais que o método *shield* seja mais caro, o risco das obras por *cut and cover* impactarem por muito tempo o funcionamento do trânsito da cidade é motivo suficiente para a opção pelo método *shield*.

Todas as estações devem ser acessíveis, possuindo todos os equipamentos citados no trabalho relativos a acessibilidade tais como pisos táteis, elevadores ou rampas, informação sonora e visual, assentos preferenciais, tótems com mapa tátil, iluminação adequada, bilheterias eletrônicas que possam ser usadas por qualquer pessoa e espaço suficiente para as manobras das cadeiras de rodas. Este trabalho cobre as medidas mais importantes em relação à acessibilidade nas estações, porém certos detalhes ainda devem ser conferidos nas normas NBR 9050 e NBR 14021. Tal acessibilidade é importante para que a estação possa ser utilizada facilmente por qualquer passageiro, independentemente de suas condições físicas.

É preferível a utilização de pelo menos um elevador em cada estação que faça a ligação com a superfície para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, enquanto que rampas, por ocuparem muito espaço horizontal para fazer deslocamentos verticais, devem ser utilizadas apenas para pequenos deslocamentos verticais dentro da estação. Quando possível as luminárias devem ser dispostas de forma a ficarem alinhadas com o sentido de deslocamento e a delimitarem a borda da plataforma.

Por questões de segurança é importante que todas as bilheterias de atendimento por funcionários sejam blindadas. Todos os espaços públicos da estação devem ser monitorados por câmeras e funcionários de segurança, com o cuidado de não serem construídos corredores muito longos ou com pontos cegos. A linha de bloqueio deve possuir equipamentos de acesso que dificultem o acesso sem pagamento de passagem, a partir da utilização de portas altas que se estendam até o chão e que possuam certa resistência. É preferível que as lixeiras da estação sejam transparentes, de forma a facilitar a identificação de materiais explosivos. As portas de plataforma, que atualmente estão previstas para as novas estações, são absolutamente necessárias a fim de minimizar os riscos de acidentes e permitir a automatização do sistema. As medidas de segurança contra incêndio citadas na seção 8.5 deste trabalho são obrigatórias para que a estação possa ser ocupada e devem ser lembradas durante a execução do projeto estrutural e do projeto arquitetônico da estação.

Devem haver mapas do sistema de metrô junto aos acessos da estação e nas plataformas e iluminação que indique os acessos à estação. Esses mapas devem mostrar todas as linhas, estações e pontos de integração entre diferentes linhas ou meios de transporte. Como um dos objetivos do metrô de Porto Alegre é integrar este meio de transporte ao sistema de ônibus, é uma ideia interessante que o mapa, além de mostrar as linhas de metrô, também mostre as linhas de ônibus da cidade, a fim de que o passageiro tenha maior facilidade ao planejar a sua viagem. Junto aos acessos das estações também é importante haver um mapa de localização, a fim de que o passageiro não corra o risco de ficar perdido ao sair da estação. Esses mapas também devem estar disponíveis de forma tátil para os deficientes visuais. Devem também haver indicações dos sentidos da linha antes do acesso a plataformas laterais e nas plataformas centrais a fim de evitar enganos. É preferível que as informações nas plataformas sobre tempo de espera e condições de serviço sejam passadas tanto com a utilização de letreiros eletrônicos quanto pelo sistema de som. Para que o nome da estação seja visível de dentro dos veículos, é preferível que esse nome seja escrito diversas vezes ao longo da plataforma. Para que

deficientes visuais também saibam onde desembarcar, o sistema de som do veículo também deve anunciar o nome da estação onde o veículo se encontra.

Deve ser previsto na estação espaço para as salas de utilização exclusiva dos funcionários da estação e salas para equipamentos, tais como os geradores de energia elétrica. Os sanitários, a sala de primeiros socorros e a sala de supervisão devem estar localizados próximos à linha de bloqueio no lado pago da estação. No projeto deve-se levar em conta também o espaço para os shafts da ventilação, das instalações elétricas e das instalações hidrossanitárias.

Em relação ao conforto dos usuários, já é prevista a utilização de ar condicionado em todos os veículos e estações do metrô de Porto Alegre. Também pode-se instalar internet sem fio nas estações, de forma a trazer mais conforto enquanto o usuário espera pelo veículo ou para quando há algum problema no sistema e o usuário é obrigado a esperar na estação por um período maior de tempo.

Como é previsto que a tarifa do metrô de Porto Alegre seja igual à tarifa dos ônibus, e portanto relativamente baixa, é uma necessidade procurar uma complementação da receita do metrô a partir do uso de propagandas em suas estações e da disponibilização de serviços comerciais nos mezaninos dessas estações. Outra solução é o estabelecimento de parcerias com *shopping centers* ou supermercados próximos às estações, podendo inclusive haver um acesso à estação dentro do estabelecimento em questão.

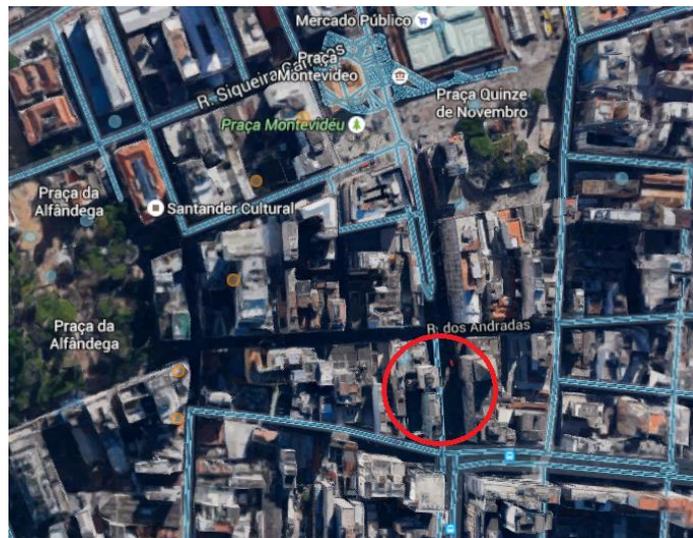
10.2 CONSIDERAÇÕES PARA CADA ESTAÇÃO

A seguir são feitas considerações específicas a cada uma das 12 estações subterrâneas planejadas para o metrô de Porto Alegre, começando pela estação Rua da Praia e terminando na estação Triângulo, passando em ordem de localização pelas demais estações. Os principais aspectos analisados são a configuração das plataformas, o tipo de acesso e as possíveis parcerias com serviços comerciais próximos. As posições das estações e de seus acessos são de acordo com uma planta enviada pelo Escritório Metrôpoa e são complementadas por imagens de satélite dessas localizações obtidas através do serviço Google Maps.

10.2.1 Estação Rua da Praia

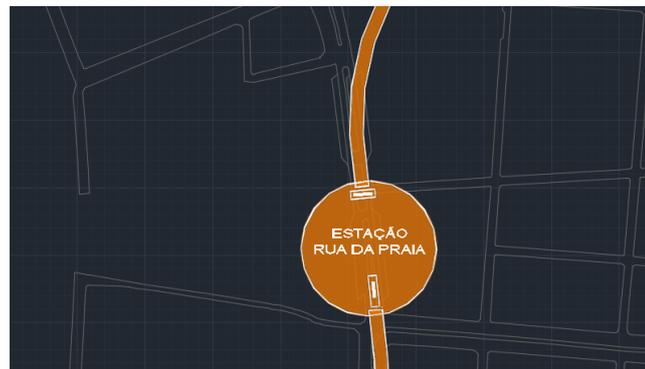
A localização aproximada da estação Rua da Praia pode ser verificada na figura 27, marcada por um círculo vermelho. Essa localização e a posição aproximada dos acessos da estação foram retirados da planta de localização apresentada na figura 28, fornecida pelo Escritório Metrôpoa.

Figura 27 – Localização aproximada da estação Rua da Praia



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

Figura 28 – Planta de localização da estação Rua da Praia e de seus acessos



(fonte: RIBEIRO, 2016)

A estação será construída em uma rua que é utilizada apenas como ponto de lotações, como pode ser verificado na figura 29. Assim não devem haver grandes problemas ao interditar todo o trecho onde a estação será construída. Isso permite que qualquer um dos três métodos

construtivos apresentados no trabalho possam ser utilizados. O grande espaço disponível na superfície permite que os acessos sejam bem amplos, com escadas rolantes em ambos os sentidos, escadas fixas e elevadores. Como essa estação é uma das que possuirá maior embarque lindo e se localiza no centro da cidade, pode-se pensar na utilização de estabelecimentos comerciais no mezanino da estação. Instalar uma casa de câmbio no mezanino é uma ideia interessante, já que a estação se localiza próxima de pontos turísticos, tais como o mercado público e a praça da alfândega.

Figura 29 – Trecho onde será construída a estação Rua da Praia



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

Essa estação poderia também se localizar ao lado do Mercado Público. Provavelmente essa localização não foi considerada por ser um trecho em curva do traçado. Porém a posição atual dificulta bastante a integração com o Trensurb, já que nenhuma estação possui uma posição vantajosa para essa ligação. Como o método *shield* fornece uma facilidade maior na alteração do traçado, poderia-se mudar levemente o traçado de forma que o trecho que passa em frente ao mercado seja reto e permita a escavação da estação pelo Método Austríaco de Túneis a partir da praça Quinze de Novembro.

A demanda prevista para a estação não justifica uma configuração mista de plataformas. Portanto deve-se utilizar plataformas laterais ou centrais, com preferência para o uso de plataformas centrais, por essas possuírem um custo menor.

10.2.2 Estação Conceição

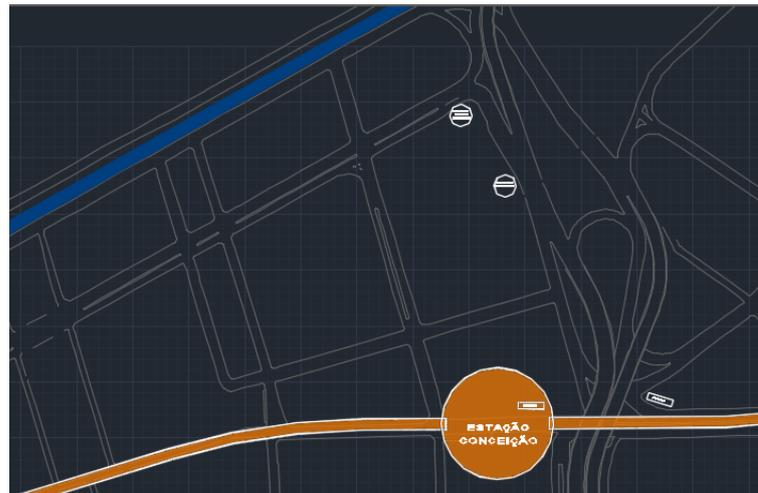
A localização aproximada da estação Conceição pode ser verificada na figura 30, marcada por um círculo vermelho. Essa localização e a posição aproximada dos acessos da estação foram retirados da planta de localização apresentada na figura 31, fornecida pelo Escritório Metrôpoa.

Figura 30 – Localização aproximada da estação Conceição



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

Figura 31 – Planta de localização da estação Conceição e de seus acessos



(fonte: RIBEIRO, 2016)

No trecho da rua Voluntários da Pátria onde será construída a estação há apenas uma faixa de corredor de ônibus e também não há espaço grande o suficiente fora da via para a utilização do Método Austríaco de Túneis, o que significa que ao menos parte da via terá de ser interditada durante a construção da estação. A fim de evitar o bloqueio total da via deve-se utilizar o método invertido para a escavação da estação. Existe porém bastante espaço para a execução dos acessos. Na figura 32 pode-se observar à direita um muro que possui atrás um espaço vazio destinado apenas ao estacionamento de carros e à esquerda existe um grande espaço vazio sobre a calçada. Ambos os espaços parecem ser amplos o suficiente para a instalação de escadas fixas e escadas rolantes, com um elevador para deficientes ou pessoas com mobilidade reduzida podendo ser instalado ao menos no espaço à esquerda, que por estar localizado em uma esquina possui mais espaço para o acesso.

Figura 32 – Trecho onde será construída a estação Conceição



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

Na figura 31 também pode-se observar que um acesso mais longe da estação também é planejado. A localização e o espaço para este acesso são bons, porém ele fica a uma distância considerável de onde se encontra a estação. Para diminuir o espaço entre esse acesso e a estação, a estação pode ser construída mais a leste, embaixo da interseção entre as ruas Voluntários da Pátria e Conceição. O acesso dos equipamentos de escavação pode ser feito pela rua Voluntários da Pátria antes da interseção, fazendo com que o cruzamento não seja bloqueado por muito tempo.

A integração com o Trensurb no momento é pensada para ser realizada por essa estação. Porém, a distância a ser percorrida para se chegar ao Trensurb é muito grande e seria melhor se fosse realizada pela estação Rua da Praia na sua posição atual ou em uma posição em frente ao Mercado Público.

A demanda prevista para a estação não justifica uma configuração mista de plataformas. Portanto deve-se utilizar plataformas laterais ou centrais, com preferência para o uso de plataformas centrais, por essas possuírem um custo menor.

10.2.3 Estação Floresta

A localização aproximada da estação Floresta pode ser verificada na figura 33, marcada por um círculo vermelho. Essa localização e a posição aproximada dos acessos da estação foram

retirados da planta de localização apresentada na figura 34, fornecida pelo Escritório Metrôpoa.

Figura 33 – Localização aproximada da estação Floresta



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

Figura 34 – Planta de localização da estação Floresta e de seus acessos



(fonte: RIBEIRO, 2016)

No local onde será construída a estação há um corredor de ônibus cujo trecho pode ser interditado para a construção da estação pelo método invertido. Não há espaço físico na

superfície para a construção pelo Método Austríaco de Túneis. Na figura 35 pode-se observar a posição dos acessos planejados. Um dos acessos será onde hoje há um cartório enquanto o outro será onde hoje é uma edificação aparentemente abandonada. É possível aproveitar as paredes externas e tetos dessas edificações na construção dos acessos, assim diminuindo custos. O que falta para essa estação é um acesso mais próximo da outra ponta das plataformas, de forma a minimizar o percurso dos passageiros que desembarcarem nessa ponta. Porém não há espaço na calçada para outros acessos, sendo a única opção que parte de um edifício existente seja transformado em acesso.

Figura 35 – Parte do trecho onde será construída a estação Floresta



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

A demanda prevista para a estação não justifica uma configuração mista de plataformas. Portanto deve-se utilizar plataformas laterais ou centrais, com preferência para o uso de plataformas centrais, por essas possuírem um custo menor.

Existe uma grande concessionária da Ford junto aos acessos. Poderia-se fazer uma parceria com a concessionária para que ela contribua na manutenção da estação em troca da exposição de material publicitário da marca na estação.

10.2.4 Estação Cântcio Gomes

A localização aproximada da estação Cântcio Gomes pode ser verificada na figura 36, marcada por um círculo vermelho. Essa localização e a posição aproximada dos acessos da

estação foram retirados da planta de localização apresentada na figura 37, fornecida pelo Escritório Metrôpoa.

Figura 36 – Localização aproximada da estação Cância Gomes



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

Figura 37 – Planta de localização da estação Cância Gomes e de seus acessos



(fonte: RIBEIRO, 2016)

O trecho onde será construída a estação possui um corredor de ônibus que pode ser utilizado para a construção da estação pelo método invertido, porém, existe uma praça junto a esse trecho que permite a utilização do Método Austríaco de Túneis sem que qualquer parte da via seja interrompida. Se a opção for feita pela escavação do poço pela praça, deve-se verificar se é possível remover algumas das árvores da praça ou utilizar o espaço da quadra

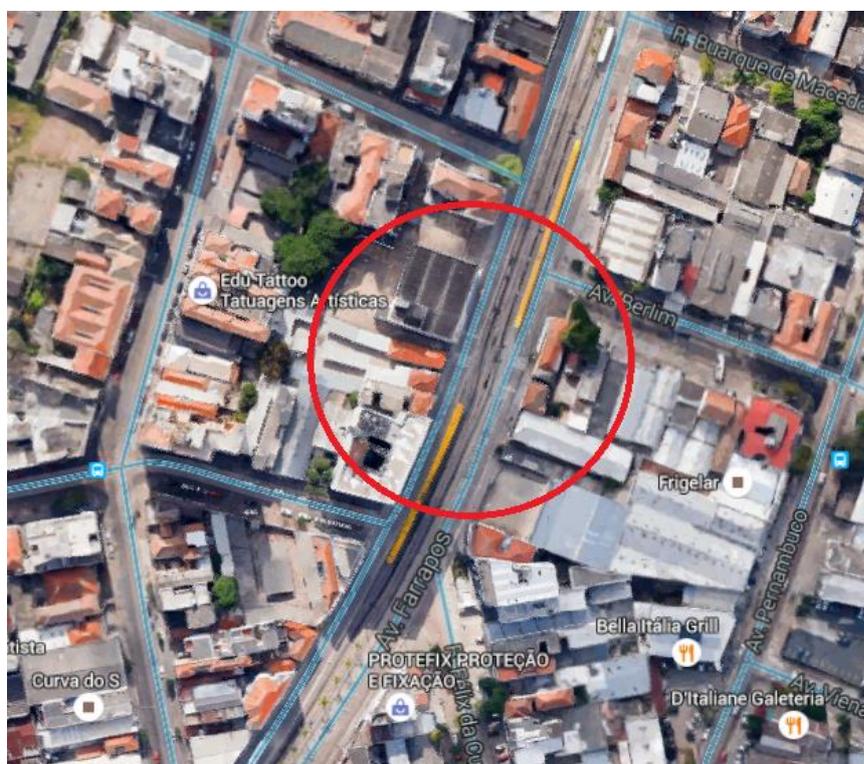
poliesportiva ali presente. Também deve-se verificar com a população da região qual será a aceitação de tais modificações na praça. Nesse caso a aceitação da estação passa por uma arquitetura do acesso que se encaixe bem no paisagismo da praça, de forma parecida ao acesso apresentado na figura 11 deste trabalho.

A demanda prevista para a estação não justifica uma configuração mista de plataformas. Portanto deve-se utilizar plataformas laterais ou centrais, com preferência para o uso de plataformas centrais, por essas possuírem um custo menor.

10.2.5 Estação São Pedro

A localização aproximada da estação São Pedro pode ser verificada na figura 38, marcada por um círculo vermelho. Essa localização e a posição aproximada dos acessos da estação foram retirados da planta de localização apresentada na figura 39, fornecida pelo Escritório Metrôpoa.

Figura 38 – Localização aproximada da estação São Pedro



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

Figura 39 – Planta de localização da estação São Pedro e de seus acessos



(fonte: RIBEIRO, 2016)

Na localização planejada para a estação São Pedro há um corredor de ônibus onde pode ser feita a escavação da estação pelo método invertido. O maior dos dois acessos previstos se localiza numa grande área em frente a um depósito enquanto o outro se localiza em um corredor entre duas edificações. No menor acesso há apenas espaço físico para ou escadas fixas ou escadas rolantes. Devido à grande profundidade prevista para as plataformas é mais recomendado o uso de escadas rolantes. No acesso maior há espaço físico para a utilização do Método Austríaco de Túneis, porém, caso seja feita essa opção, a arquitetura do acesso e da estação podem destoar demais da arquitetura da vizinhança.

A demanda prevista para a estação não justifica uma configuração mista de plataformas. Portanto deve-se utilizar plataformas laterais ou centrais, com preferência para o uso de plataformas centrais, por essas possuírem um custo menor.

10.2.6 Estação Cairú

A localização aproximada da estação Cairú pode ser verificada na figura 40, marcada por um círculo vermelho. Essa localização e a posição aproximada dos acessos da estação foram retirados da planta de localização apresentada na figura 41, fornecida pelo Escritório Metrôpoa.

Figura 40 – Localização aproximada da estação Cairú



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

Figura 41 – Planta de localização da estação Cairú e de seus acessos



(fonte: RIBEIRO, 2016)

A localização planejada para a estação Cairú é onde hoje existe um estacionamento de carros a céu aberto que ocupa uma grande área. Sendo assim, há muito espaço na superfície para a construção dessa estação. Porém, o traçado do metrô nessa estação ocorre na diagonal das vias existentes, o que faz com que as plataformas tenham que passar por baixo de edificações existentes. Portanto, a melhor opção para a construção da estação é o Método Austríaco de Túneis, que permite que as plataformas sejam construídas em profundidade sem a necessidade de remoção da terra acima delas.

Essa estação é uma das duas estações subterrâneas com mais demanda na linha, pelo fato de ser um grande ponto de integração com ônibus. Assim é necessário que ela seja bem espaçosa, podendo conter vários estabelecimentos comerciais no térreo e nos mezaninos. Como grande parte dela será na superfície é possível utilizar uma cobertura de vidro, de forma a diminuir gastos com iluminação artificial e melhorar a arquitetura da estação. Sua arquitetura também deverá facilitar ao máximo a integração com os ônibus. Pode-se pensar em utilizar plataformas mistas nessa estação, já que ela possui uma demanda muito maior do que quase todas as outras estações da linha. Plataformas mistas permitiriam que ela possua um tempo de embarque e desembarque mais parecido com o das outras estações. De acordo com a figura 4 apresentada nesse trabalho há a possibilidade de ao menos uma futura linha de metrô se conectar a essa estação, portanto deve-se levar em consideração a possibilidade de uma futura expansão da estação enquanto ela estiver na fase de projeto.

10.2.7 Estação Dom Pedro II

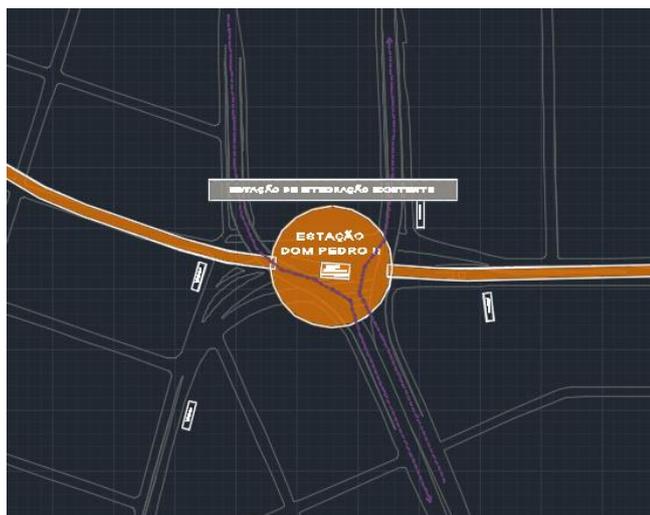
A localização aproximada da estação Dom Pedro II pode ser verificada na figura 42, marcada por um círculo vermelho. Essa localização e a posição aproximada dos acessos da estação foram retirados da planta de localização apresentada na figura 43, fornecida pelo Escritório Metrôpoa.

Figura 42 – Localização aproximada da estação Dom Pedro II



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

Figura 43 – Planta de localização da estação Dom Pedro II e de seus acessos



(fonte: RIBEIRO, 2016)

A estação se localizará embaixo do viaduto, onde há uma estação de ônibus. Como há uma grande área de superfície destinada apenas ao tráfego de ônibus, é possível até utilizar o método *cut and cover* tradicional para a construção da estação sem que as ruas por onde passam carros sejam afetadas. Porém, se houver espaço suficiente em um dos canteiros da estação de ônibus para a inserção de escavadeiras, pode-se utilizar o método invertido sem ter que interromper o tráfego de ônibus por muito tempo. Deve haver um cuidado especial durante a escavação com as fundações do viaduto.

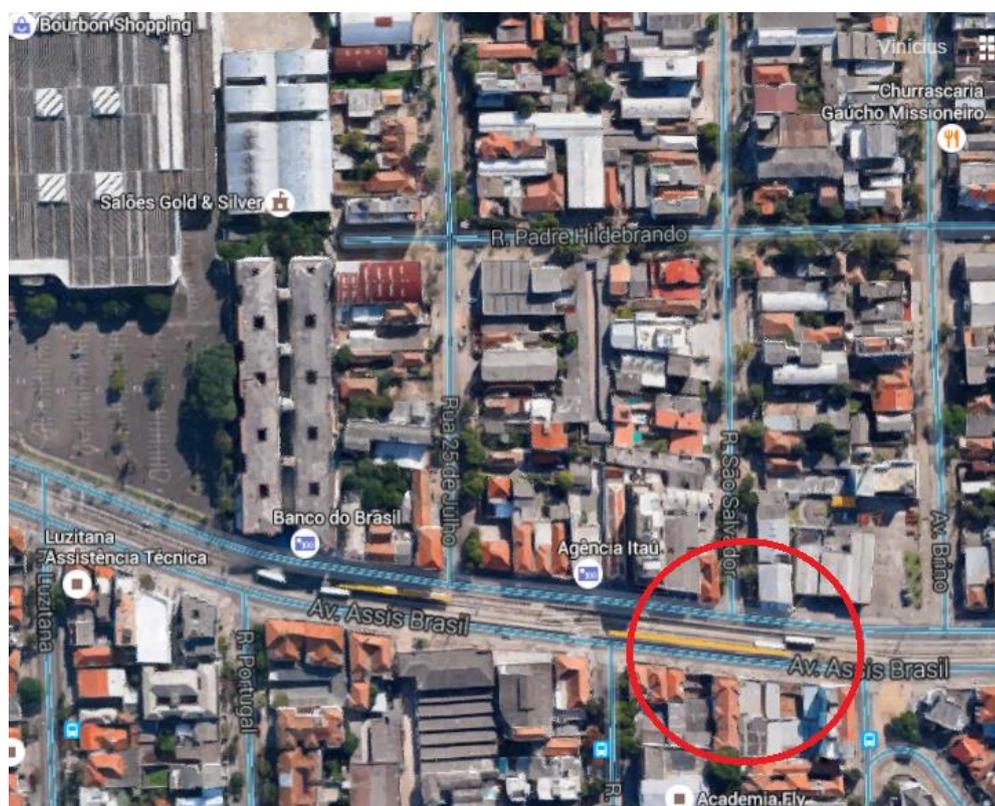
Essa estação tem um foco na integração com os ônibus urbanos, assim um de seus acessos deverá se integrar bem à estação de ônibus existente no local e os demais acessos deverão permitir o acesso por mezanino à estação de ônibus sem que seja necessário pagar a tarifa do metrô. Alguns dos acessos planejados se localizam muito longe da estação, fazendo os passageiros percorrerem caminhos longos demais entre os acessos e os trens. Deve-se pensar em uma maneira de aproximar esses acessos à estação. Para o caso de ser decidido fazer a ligação de uma possível futura linha da terceira perimetral a essa estação ao invés da estação Cairú, a possibilidade de uma futura expansão da estação deve ser levada em consideração durante a fase de projeto.

A demanda prevista para a estação não justifica uma configuração mista de plataformas. Portanto deve-se utilizar plataformas laterais ou centrais, com preferência para o uso de plataformas centrais, por essas possuírem um custo menor.

10.2.8 Estação São João

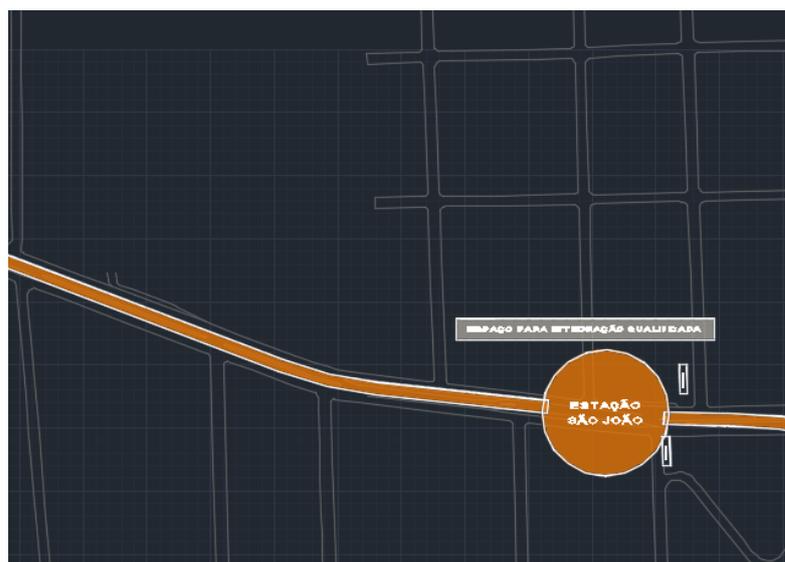
A localização aproximada da estação São João pode ser verificada na figura 44, marcada por um círculo vermelho. Essa localização e a posição aproximada dos acessos da estação foram retirados da planta de localização apresentada na figura 45, fornecida pelo Escritório Metrôpoa.

Figura 44 – Localização aproximada da estação São João



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

Figura 45 – Planta de localização da estação São João e de seus acessos



(fonte: RIBEIRO, 2016)

Onde a estação será construída há um corredor de ônibus que pode ter um trecho interditado para a construção da estação pelo método invertido. Ambos os acessos são planejados em locais onde atualmente existem estacionamentos. Um dos estacionamentos se localiza junto a um posto de gasolina e o outro se localiza junto a um restaurante. É possível que ao menos um dos estacionamentos seja utilizado para a escavação de um poço caso seja feita a opção pelo Método Austríaco de Túneis. Assim como na estação Floresta, falta um acesso mais próximo à outra ponta da plataforma.

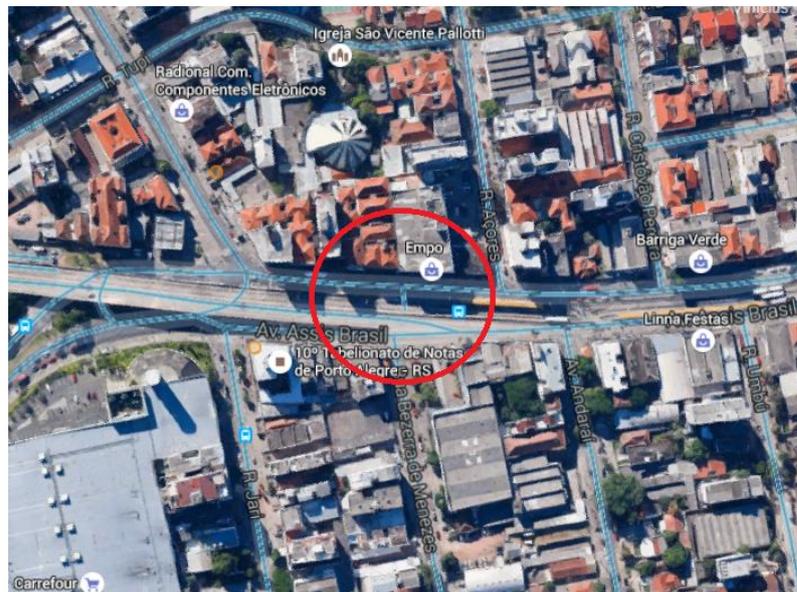
Existe um *shopping center* Bourbon próximo à estação, com o qual poderia haver algum tipo de parceria. Porém um acesso à estação pelo *shopping center* ficaria muito afastado da estação, encarecendo a sua execução e fazendo com que os passageiros tenham que caminhar demais para chegar até o trem. Uma opção melhor seria fazer um acordo para que a empresa responsável pelo *shopping center* ajude na manutenção da estação em troca da exposição de material publicitário de sua marca na estação e sinalização na estação indicando como chegar no *shopping center*.

A demanda prevista para a estação não justifica uma configuração mista de plataformas. Portanto deve-se utilizar plataformas laterais ou centrais, com preferência para o uso de plataformas centrais, por essas possuírem um custo menor.

10.2.9 Estação Obirici

A localização aproximada da estação Obirici pode ser verificada na figura 46, marcada por um círculo vermelho. Essa localização e a posição aproximada dos acessos da estação foram retirados da planta de localização apresentada na figura 47, fornecida pelo Escritório Metrôpoa.

Figura 46 – Localização aproximada da estação Obirici



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

Figura 47 – Planta de localização da estação Obirici e de seus acessos



(fonte: RIBEIRO, 2016)

No local planejado para a estação Obirici há o início de um viaduto e também há um corredor de ônibus. É preferível que a estação seja construída um pouco mais a leste da posição mostrada na figura 47, a fim de evitar escavações onde há o viaduto. Assim ela pode ser construída pelo método invertido se utilizando do corredor de ônibus.

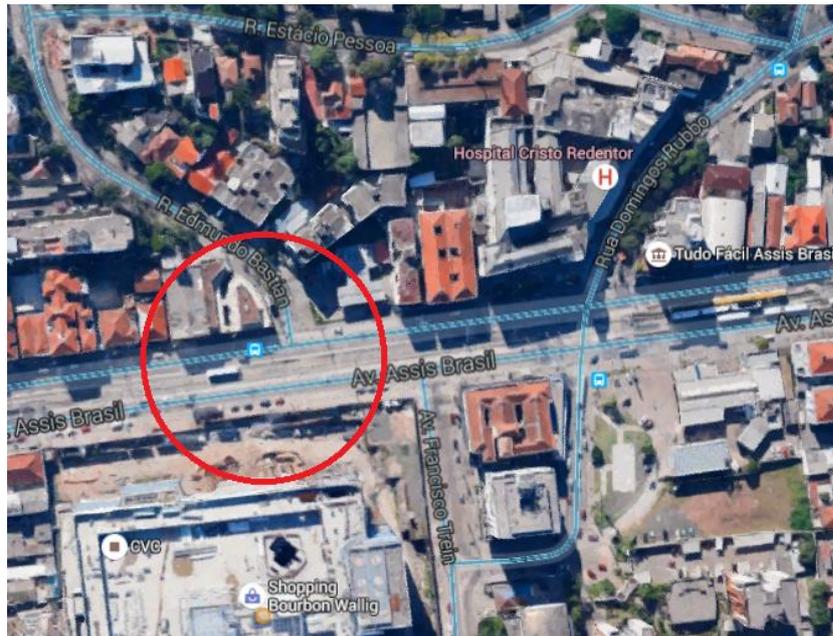
Há um supermercado Carrefour junto a um dos acessos planejados. Embora este acesso esteja um pouco afastado da estação, é uma boa ideia aproveitá-lo para fazer uma parceria com o Carrefour, fazendo com que o acesso ligue diretamente a estação ao supermercado em troca de apoio financeiro da empresa. Os demais locais destinados aos acessos possuem espaços amplos na superfície para a construção desses acessos.

A demanda prevista para a estação não justifica uma configuração mista de plataformas. Portanto deve-se utilizar plataformas laterais ou centrais, com preferência para o uso de plataformas centrais, por essas possuírem um custo menor.

10.2.10 Estação Cristo Redentor

A localização aproximada da estação Cristo Redentor pode ser verificada na figura 48, marcada por um círculo vermelho. Essa localização e a posição aproximada dos acessos da estação foram retirados da planta de localização apresentada na figura 49, fornecida pelo Escritório Metrôpoa.

Figura 48 – Localização aproximada da estação Cristo Redentor



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

Figura 49 – Planta de localização da estação Cristo Redentor e de seus acessos



(fonte: RIBEIRO, 2016)

A estação se localizará bem em frente ao *shopping center* Bourbon Wallig, o que fornece uma ótima oportunidade de integração entre a estação e o *shopping center*. Inclusive há espaço físico no terreno pertencente ao Bourbon Wallig para que o Método Austríaco de Túneis seja utilizado. Alternativamente pode-se utilizar o corredor de ônibus da Avenida Assis Brasil para a construção da estação pelo método invertido. Pelo tamanho do *shopping center* e por sua proximidade com a estação, essa é a estação na linha mais suscetível à formação de uma

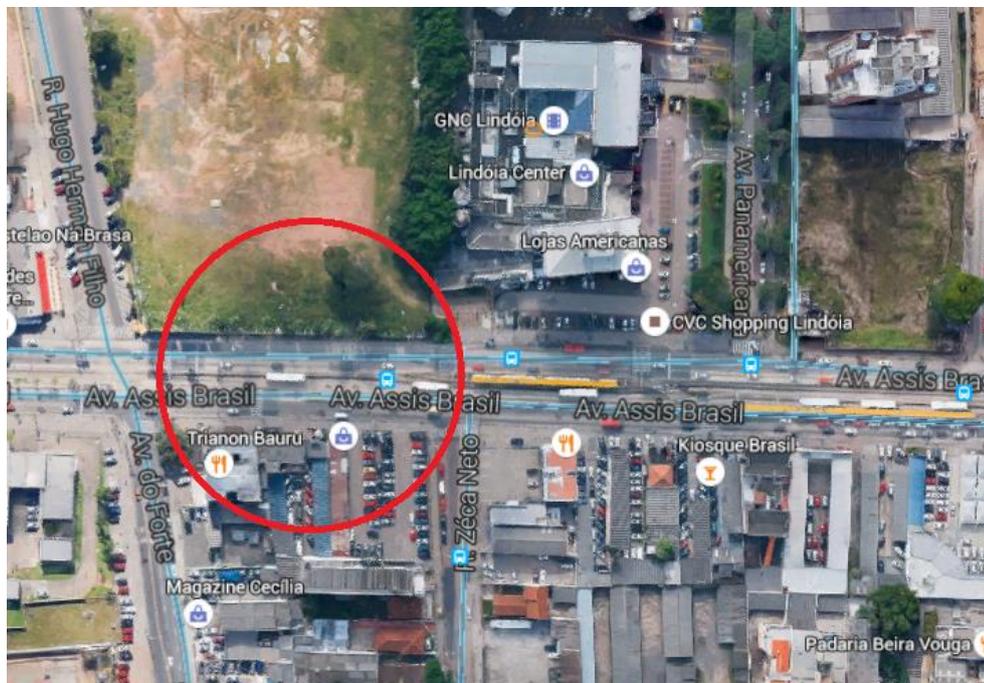
parceria entre uma empresa privada e o metrô. É possível inclusive vender o direito sobre o nome da estação para o grupo Bourbon, já que o próprio *shopping center* já é um ponto de referência na região.

A demanda prevista para a estação não justifica uma configuração mista de plataformas. Portanto deve-se utilizar plataformas laterais ou centrais, com preferência para o uso de plataformas centrais, por essas possuírem um custo menor.

10.2.11 Estação Lindóia

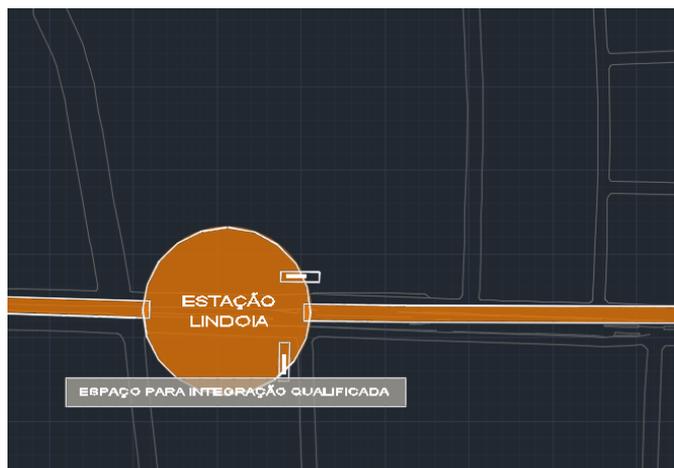
A localização aproximada da estação Lindóia pode ser verificada na figura 50, marcada por um círculo vermelho. Essa localização e a posição aproximada dos acessos da estação foram retirados da planta de localização apresentada na figura 51, fornecida pelo Escritório Metrôpoa.

Figura 50 – Localização aproximada da estação Lindóia



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

Figura 51 – Planta de localização da estação Lindóia e de seus acessos



(fonte: RIBEIRO, 2016)

No local planejado para a estação existe um corredor de ônibus que pode ser utilizado para a construção da estação pelo método invertido. Alternativamente é possível utilizar o terreno ao lado do *shopping center* Lindóia para a construção pelo Método Austríaco de Túneis. É possível fazer uma parceria com o *shopping center*, inclusive colocando um dos acessos dentro ou logo em frente ao *shopping center*. Os espaços onde são planejados os acessos são atualmente estacionamentos, logo não deve haver problemas de espaço na superfície para esses acessos. Pode-se adicionar um acesso na esquina da avenida Assis Brasil com a rua Hugo Herman Filho, se aproveitando do terreno ao lado do *shopping center* Lindóia ou da calçada bem larga no outro lado da rua. Dessa forma haveriam acessos próximos às duas pontas das plataformas.

A demanda prevista para a estação não justifica uma configuração mista de plataformas. Portanto deve-se utilizar plataformas laterais ou centrais, com preferência para o uso de plataformas centrais, por essas possuírem um custo menor.

10.2.12 Estação Triângulo

A localização aproximada da estação Triângulo pode ser verificada na figura 52, marcada por um círculo vermelho. Essa localização e a posição aproximada dos acessos da estação foram retirados da planta de localização apresentada na figura 53, fornecida pelo Escritório Metrôpoa.

Figura 52 – Localização aproximada da estação Triângulo



(fonte: GOOGLE MAPS, 2016)

Figura 53 – Planta de localização da estação Triângulo e de seus acessos



(fonte: RIBEIRO, 2016)

A estação se localiza onde atualmente existe o terminal de ônibus Triângulo. O terminal apresenta uma grande área superficial destinada a pedestres, de forma que a estação pode ser construída tanto pelo método invertido quanto pelo Método Austríaco de Túneis, sem haver uma grande interferência com o funcionamento do terminal. Há uma grande demanda prevista para essa estação devido a esse ser um dos maiores pontos de integração entre os sistemas de ônibus e metrô. Logo, a estação deve ser bem ampla, com o aproveitamento de grande parte da área superficial do terminal destinada a pedestres. A arquitetura da estação deve se integrar

bem à arquitetura atual do terminal Triângulo. Também podem ser colocados estabelecimentos comerciais dentro da estação devido à grande demanda prevista, porém deve-se levar em conta que já há um pequeno centro comercial ao lado do terminal. Ambos os acessos planejados fora do terminal ocuparão áreas onde existem estacionamentos, portanto não deve faltar espaço físico para esses acessos.

Como essa estação possui uma demanda muito maior do que a maioria das outras estações do metrô, é preferível a utilização de uma configuração mista de plataformas, a fim de diminuir o tempo de embarque e desembarque na estação de forma que ele fique mais próximo do tempo de embarque e desembarque das outras estações. Conforme a figura 4 apresentada neste trabalho, há a possibilidade de mais duas linhas se conectarem à estação Triângulo, portanto deve-se levar em consideração durante a fase de projeto a possibilidade de uma futura expansão da estação. A ligação com uma possível linha de metrô que vá até o município de Alvorada pode ser feita utilizando as mesmas plataformas utilizadas na linha apresentada neste trabalho a partir de uma configuração de plataformas similar à primeira configuração apresentada na figura 22 deste trabalho.

11 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um fato importante que a pesquisa realizada para este trabalho demonstra é que há uma grande incerteza em relação a quando serão iniciadas as obras do metrô de Porto Alegre. Sempre que uma data de início é divulgada ela logo é modificada, de forma que atualmente não existe uma previsão para o início das obras, embora já exista um traçado definido para a linha e parte do financiamento das obras já esteja garantido. Sendo assim, é possível que no momento da execução do metrô existam novas tecnologias a serem utilizadas nas estações. Portanto é importante que se busque informações sobre novas tecnologias que não sejam citadas neste trabalho no momento do projeto e da execução das novas estações, de forma que elas estejam completamente atualizadas e possam usar o que há de melhor para servir os usuários do sistema.

Este trabalho se apoia nas informações existentes no momento a respeito da nova linha do metrô de Porto Alegre. Tais informações são compostas apenas de algumas poucas diretrizes para o projeto, da posição aproximada das estações e de seus acessos e do traçado da linha. Devido a esta escassez de informações, o trabalho se torna muito limitado e acaba resultando em propostas gerais ao invés de definições concretas. Por exemplo, como não há informações concretas sobre o solo nos locais onde serão construídas as estações, apenas a posição geográfica de cada estação foi utilizada na determinação dos métodos construtivos. Sendo assim, é recomendável que um novo trabalho desta natureza seja realizado a partir da disposição de informações mais específicas a respeito do metrô de Porto Alegre.

É importante ter em mente durante o projeto de uma estação de metrô que o tamanho de uma estação e a quantidade dos equipamentos a serem utilizados nela são determinados a partir da demanda estimada para a estação em horários de pico para ao menos os próximos 20 anos de serviço da estação. Além disso, a arquitetura e determinadas características de uma estação são influenciadas pela vizinhança onde essa estação se insere. Sendo assim, cada estação tem necessidades diferentes e cada caso deve ser analisado tanto individualmente quanto em conjunto com as demais estações e possíveis futuras linhas. O que todas as estações devem ter em comum é que elas devem ser seguras, acessíveis e de fácil utilização pelos usuários.

Como é planejado que o metrô de Porto Alegre utilize a mesma tarifa dos ônibus, é importante buscar formas de complementar a renda do metrô de forma a evitar um grande aumento em relação à tarifa atual dos ônibus. Ao menos oito das doze estações planejadas possuem um grande potencial de acúmulo de capital. Cinco por poderem fazer parcerias com grandes estabelecimentos comerciais próximos e as outras três por terem grande potencial de oferecimento de serviços comerciais dentro da própria estação. Em São Paulo tais recursos correspondem a 7% da renda do metrô. Com dois terços das estações subterrâneas de Porto Alegre podendo gerar um capital significativo, esse percentual pode ser ainda maior para Porto Alegre.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14021**: transporte – acessibilidade no sistema de trem urbano ou metropolitano. 2. ed. Rio de Janeiro, 2005.

_____. **NBR 9050**: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. 3. ed. Rio de Janeiro, 2015

CABALLERO, L. Los Logos del Metro de España, uno a uno. **Brandemia**, Málaga, 28 abr. 2011. Disponível em: <<http://www.brandemia.org/los-logos-de-metro-de-espana-uno-a-uno>>. Acesso em: 15 maio 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRABALHADORES EM TRANSPORTES E LOGÍSTICA. **Modal metroviário**, São Paulo, 2016.

DILMA faz anúncio oficial das obras do metrô de Porto Alegre no sábado. **Globo**, [Rio de Janeiro], 12 out. 2013. Não paginado. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2013/10/dilma-faz-anuncio-oficial-das-obras-do-metro-de-porto-alegre-neste-sabado.html>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

DUELL, M. London Underground station tries to ban commuters from walking up the left side of the escalator to ‘help congestion’ – but passengers ignore the rule. **Mail Online**, London, 25 nov. 2015. Não paginado. Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/news/article-3333918/London-Underground-station-tries-ban-commuters-walking-left-escalator-help-congestion-passengers-ignore-rule.html>>. Acesso em: 15 maio 2016.

ESCRITÓRIO METRÔPOA. **Apresentação de divulgação técnica**. Porto Alegre, nov. 2015.

GOGGIN, M. Station Capacity: assessment guidance. **Network Rail**, London, May 2011. Não paginado.

GOOGLE MAPS. Disponível em <<https://maps.google.com.br>>. Acesso em: 22 maio 2016.

HADLICH, A.; DUWE, M.; VELO, E. **Arquitetura de Metrô**. São Paulo: Editora VJ, 2012.

KADOKURA, H.; SEKIZAWA, A.; TAKAHASHI, W. **Study of availability and issues of evacuation using stopped escalators in a subway station**, Tokyo, 2012. Não paginado.

KARAKUS, M.; FOWELL, R. J. **Aninsight into the New Austrian Tunelling Method (NATP)**, Sivas, 2004. Não paginado.

KOLLING, G.; LAMPERT, A. Capital projeta a linha 1 do metrô e sonha com a linha 2. **Jornal do Comércio**, Porto Alegre, 24 out. 2013. Não paginado. Disponível em: <<http://jcrs.uol.com.br/site/noticia.php?codn=137984>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

LONDON. Transport for London. **Tube Map**. London, 2016. Disponível em <<https://tfl.gov.uk/maps/track/tube>>. Acesso em: 18 maio 2015.

MACKECHNIE, C. The Two Different Methods of Subway Construction. **About Money**, [New York], 2015. Não paginado. Disponível em: <<http://publictransport.about.com/od/Glossary/a/The-Two-Methods-Of-Subway-Construction.htm>>. Acesso em: 30 ago. 2015.

MELO, I. Trajeto do metrô de Porto Alegre até a Fiergs volta a ser discutido. **Zero Hora**, Porto Alegre, 19 dez. 2014. Não paginado. Disponível em: <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/porto-alegre/noticia/2014/12/trajeto-do-metro-de-porto-alegre-ate-a-fiergs-volta-a-ser-discutido-4667150.html>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

_____. A cidade sabe planejar?: prazos perdidos, obras que nunca ficaram prontas, projetos com erros básicos e mudanças de rumo geram críticas à prefeitura. **Zero Hora**, Porto Alegre, n. 18.247, p. 29-32, 28 set. 2015.

PARCERIA público-privada deve ser adotada no metrô de Porto Alegre. **Correio do Povo**, Porto Alegre, 18 jul. 2015. Não paginado. Disponível em: <<http://www.correiodopovo.com.br/Noticias/562059/Parceria-publicoprivada-deve-ser-adotada-no-metro-de-Porto-Alegre>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

PORTO, V. Ministro das cidades garante metrô para 2017 em Porto Alegre: licitação deve ser lançada em março, com início das obras em setembro de 2013. **Correio do Povo**, Porto Alegre, 21 dez. 2012. Não paginado. Disponível em: <<http://correiodopovo.com.br/Noticias/?Noticia=481214>>. Acesso em: 09 set. 2015.

RIBEIRO, L. C. Publicação eletrônica [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <vini.bahu@gmail.com> em 11 abr. 2016.

RIO GRANDE DO SUL. Assembleia Legislativa. Gabinete de Consultoria Legislativa. **Lei Complementar n. 14.376**, de 26 de dezembro de 2013. Estabelece normas sobre Segurança, Prevenção e Proteção contra Incêndios nas edificações e áreas de risco de incêndio no Estado do Rio Grande do Sul e dá outras providências.

SANTIAGO. Web Metro de Santiago. **Guia del Viajero**, Santiago, 2009. Disponível em <<http://www.metrosantiago.cl/estaciones/universidad-de-santiago/plano.jpg>>. Acesso em 15 maio 2016.

SIMON, G. Metrô de porto Alegre será confirmado nesta sexta-feira. **Porto Imagem**, Porto Alegre, 13 out. 2011. Não paginado. Disponível em: <<https://portoimagem.wordpress.com/2011/10/13/metro-de-porto-alegre-sera-confirmado-nesta-sexta-feira/>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

TENEMOS fecha!!! Viernes 19 de febrero: el metro arribará a l'aeroport del Prat el 19 de febrer. **El blog de la L9 y L10 del metro de Barcelona**, Barcelona, 14 ene. 2016. Não paginado. Disponível em: <<http://19metrobarcelona.blogspot.com.br/2016/01/tenemos-fecha-viernes-19-de-febrero.html>>. Acesso em: 18 maio. 2016.

TRENSURB. **História**, Porto Alegre, 2016.

VETTORI, S. Governo federal sugere alterar método construtivo para batear o metrô de Porto Alegre. **Rádio Guaíba**, Porto Alegre, 25 ago. 2015. Não paginado. Disponível em:

<<http://www.radioguaiba.com.br/noticia/governo-federal-sugere-alterar-metodo-construtivo-para-baratear-metro-de-porto-alegre/>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

VUCHIC, V. R. **Urban Transit: System and Technology**. New Jersey: John Wiley & Sons, 2007.

WATTS, P. The tube is an engineering marvel: 150 years in the making, with 253 miles of passageway snaking under the capital, carrying millions of people every day. It's crowded, uncomfortable and expensive - but it defined London. And it's ours. Time Out champions one of the true wonders of the Western World, and pioneers who built it. **Time Out London**, London, 17 Apr. 2007. Não paginado. Disponível em: <<http://www.timeout.com/london/things-to-do/london-undergrounds-history-2> >. Acesso em: 30 ago. 2015.