

**UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO – UNINOVE  
PROGRAMA DE MESTRADO E DOUTORADO EM ADMINISTRAÇÃO  
PMDA**

**ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS E  
PROCESSOS DE APRENDIZAGEM NO SETOR DE SERVIÇOS  
PÚBLICOS: O CASO DO METRÔ DE SÃO PAULO.**

**Ricardo Cesso da Silva**

**São Paulo  
2011**

**RICARDO CESSO DA SILVA**

**ACUMULAÇÃO DE COMPETÊNCIAS TECNOLÓGICAS E  
PROCESSOS DE APRENDIZAGEM NO SETOR DE SERVIÇOS  
PÚBLICOS: O CASO DO METRÔ DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Administração da Universidade Nove de Julho – UNINOVE, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Administração.

Orientadora: Profa. Dra. Eva Stal

**São Paulo**

**2011**

## FICHA CATALOGRÁFICA

Silva, Ricardo Cesso da

Acumulação de Competências Tecnológicas e Processos de Aprendizagem no Setor de Serviços Públicos: o Caso do Metrô de São Paulo. / Ricardo Cesso da Silva 2011.

164 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2011.

Orientador (a): Prof. Dra. Eva Stal.

1. Competências tecnológicas. 2. Aprendizagem. 3. Formulação de Estratégia. 4. Transferência tecnológica 5. Inovação.
- I. Stal, Eva.

CDU 658

Acumulação de Competências Tecnológicas e Processos de  
Aprendizagem no Setor de Serviços Públicos: O Caso do Metrô de São  
Paulo

Por

**Ricardo Cesso da Silva**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós- Graduação em Administração da  
Universidade Nove de Julho – UNINOVE,  
como requisito parcial para a obtenção do  
grau de Mestre em Administração.

---

Presidente: Prof.<sup>a</sup> EVA STAL, Doutora — Orientador, Uninove

---

Membro: Prof.<sup>a</sup>. Jouliana Jordan Nohara, Doutora — Uninove

---

Membro: Prof.<sup>a</sup>. Conceição Vedovello, Doutora — FAPESP

São Paulo, 17 de Junho de 2011

---

## DEDICATÓRIA

*À minha esposa, pelo incentivo, compreensão e paciência.*

*Aos meus pais pelo amor, força e paciência.*

*Aos meus sogros, pelo apoio na realização do trabalho.*

---

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha esposa, Heloisa, pela compreensão pelos momentos em que tive que dedicar-me a este trabalho, bem como pelo seu constante incentivo para que eu pudesse realizá-lo.

Agradeço aos meus pais, Marco e Cleusa pela paciência, incentivo para a realização deste trabalho e também por toda a educação que recebi ao longo de minha vida.

Agradeço ao meu sogro e sogra, Antonio e Selma, pelo incentivo e apoio na realização deste trabalho.

Também gostaria de agradecer aos funcionários do Metrô de SP, pela paciência no agendamento e realização de entrevistas, bem como sua disponibilidade de tempo para que pudessem ser realizadas.

À minha orientadora, Eva Stal, por toda sua contribuição, apoio e paciência ao longo de toda a realização da dissertação, além de ser um exemplo de dedicação e profissionalismo.

## RESUMO

Esta dissertação examina a influência dos processos de aprendizagem na trajetória de acumulação de competências tecnológicas das empresas. Este tema foi analisado por meio da realização de um estudo de caso no Metrô de SP, que contemplou o período desde sua fundação, em 1968 até o ano de 2010. A acumulação de competências tecnológicas em países em desenvolvimento está diretamente relacionada à transferência de tecnologias provenientes de países desenvolvidos. Para que este processo de transferência ocorra de forma efetiva, permitindo a construção de competências necessárias ao desenvolvimento contínuo de inovações tecnológicas, é fundamental que as empresas e países realizem esforços voltados à aprendizagem, tanto no âmbito individual quanto no organizacional. No estudo de caso no Metrô de SP, a análise da trajetória de competências tecnológicas foi realizada com base na definição de três funções técnicas: *Concepção e Gestão de Projetos*, *Gestão de Operação* e *Gestão de Manutenção*. Para estas funções, foram examinados os processos de aprendizagem ao longo da história da empresa, com base em quatro características-chave: *variedade*, *funcionamento*, *intensidade* e *interação*, constatando-se que a empresa passou por dois períodos distintos. O primeiro período, entre 1968 e 1974, foi marcado pelo processo de transferência tecnológica, onde ocorreu uma intensa etapa de aprendizagem, possibilitando a acumulação de competências tecnológicas rotineiras. O segundo período, entre 1975 e 2010, caracteriza-se pela acumulação de competências tecnológicas inovadoras. Assim como observado em estudos anteriores, constata-se que os processos de aprendizagem ocorridos influenciaram diretamente a acumulação de competências tecnológicas ao longo da história da empresa.

**Palavras-chave:** Competências Tecnológicas, Aprendizagem, Transferência Tecnológica, Inovação.

## ABSTRACT

This dissertation examines the influence of learning processes in the development of technological capabilities in firms. This subject was analyzed by means of a case study in Metro SP, covering the period from its foundation in 1968 until 2010. The accumulation of technological capabilities in developing countries is directly related to technology transfer from developed countries. For an effective transfer process, which allows the creation of necessary skills for developing technological innovations it is essential that companies and countries make efforts toward individual and organizational learning. In the case study of Metro SP, the analysis of the trajectory of technological skills was conducted based on the definition of three technical functions: Design and Project Management, Operations Management and Maintenance Management. For these functions, we examined the learning processes throughout the company's history, based on four key features: variety, functioning, intensity and interaction, noting that the company went through two distinct periods. In the first period, between 1968 and 1974, when there was a technology transfer process from abroad, an intense learning stage occurred, allowing the accumulation of routine technological capabilities. The second period, between 1975 and 2010, was characterized by the accumulation of innovative capabilities. As observed in previous studies, the learning processes had a direct influence in the accumulation of technological capabilities throughout the company's life.

**Keywords:** Technological Capability, Learning, Technology Transfer, Innovation.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>18</b>
<b>1.1 Questões de Pesquisa da Dissertação. ....</b>	<b>22</b>
<b>1.2 Objetivos .....</b>	<b>23</b>
<b>1.3 Justificativas .....</b>	<b>24</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>26</b>
<b>2.1 Transferência Tecnológica para Países em Desenvolvimento .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2 Evolução dos Estudos sobre Competências Tecnológicas.....</b>	<b>31</b>
<b>2.3 A Aprendizagem nas Empresas. ....</b>	<b>34</b>
<b>2.4 Literatura de Empresas de Tecnologia de Fronteira (LETF) .....</b>	<b>37</b>
<b>2.5 Literatura de Empresas em Países Emergentes (LEPE) .....</b>	<b>42</b>
<b>2.5.1 Evolução dos Modelos Conceituais segundo a LEPE .....</b>	<b>47</b>
<b>2.5.2 Estabelecendo um novo Modelo Conceitual e Analítico. ....</b>	<b>53</b>
<b>2.6 O segmento metroviário no mundo. ....</b>	<b>61</b>
<b>2.6.1 A evolução do segmento metroviário mundial. ....</b>	<b>63</b>
<b>2.6.2 Aspectos Básicos de uma Linha de Metrô .....</b>	<b>67</b>
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>72</b>
<b>3.1 Tipologia, Níveis e Método de Pesquisa .....</b>	<b>72</b>
<b>3.2 Seleção do Caso. ....</b>	<b>75</b>
<b>3.3 Seleção do Modelo Conceitual e Analítico. ....</b>	<b>76</b>
<b>3.3.1 Definição da estrutura conceitual e analítica para o estudo de caso.....</b>	<b>78</b>
<b>3.4 Procedimentos de Coleta de Dados .....</b>	<b>85</b>
<b>3.5 Procedimentos para Análise de Dados. ....</b>	<b>87</b>

<b>4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>95</b>
<b>4.1 O Metrô de SP. ....</b>	<b>95</b>
<b>4.1.1 A estrutura organizacional do Metrô de SP. ....</b>	<b>98</b>
<b>4.2 O período entre 1968 e 1974. ....</b>	<b>100</b>
<b>4.2.1 A nacionalização de projetos, componentes e tecnologias. ....</b>	<b>106</b>
<b>4.2.2 Acumulação de Competências Tecnológicas entre 1968 e 1974 .....</b>	<b>108</b>
<b>4.3 O período entre 1975 e 2010. ....</b>	<b>110</b>
<b>4.3.1 Os intercâmbios tecnológicos em outros Metrôs. ....</b>	<b>115</b>
<b>4.3.2 Inovações tecnológicas a partir dos anos 90. ....</b>	<b>117</b>
<b>4.3.3 Os processos de aprendizagem a partir dos anos 90. ....</b>	<b>121</b>
<b>4.3.4 Acumulação de Competências Tecnológicas entre 1975 e 2010. ....</b>	<b>126</b>
<b>5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS .....</b>	<b>129</b>
<b>5.1 Aprendizagem e Competências Tecnológicas: entre 1968 e 1974 .....</b>	<b>133</b>
<b>5.2 Aprendizagem e Competências Tecnológicas: entre 1975 e 2010 .....</b>	<b>137</b>
<b>5.3 A aprendizagem e a acumulação de competências. ....</b>	<b>140</b>
<b>6 CONCLUSÃO. ....</b>	<b>147</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>150</b>
<b>APÊNDICE A – Roteiro de Entrevistas .....</b>	<b>159</b>
<b>APÊNDICE B - Formulário de Autorização.....</b>	<b>163</b>
<b>APÊNDICE C Formulário de Consentimento Livre e Esclarecido.....</b>	<b>164</b>

**LISTA DE QUADROS**

<b>Quadro 1:</b> Mecanismos de Conversão de Conhecimento. ....	<b>41</b>
<b>Quadro 2:</b> Competências tecnológicas segundo autores da LEPE.....	<b>43</b>
<b>Quadro 3:</b> Descrição das Funções Técnicas. ....	<b>48</b>
<b>Quadro 4:</b> Categorização de Níveis de Competências Tecnológicas. ....	<b>49</b>
<b>Quadro 5:</b> Níveis de acumulação de Competências Tecnológicas. ....	<b>50</b>
<b>Quadro 6:</b> Análise de competências tecnológicas em siderúrgicas.....	<b>55</b>
<b>Quadro 7:</b> Estudos com base no modelo de Figueiredo (2003). ....	<b>56</b>
<b>Quadro 8:</b> Processos de Aprendizagem. ....	<b>58</b>
<b>Quadro 9:</b> Características para análise de Processos de Aprendizagem.....	<b>59</b>
<b>Quadro 10:</b> Classificação de Sistemas Metroviários. ....	<b>62</b>
<b>Quadro 11:</b> Características dos metrô europeus do CoMET. ....	<b>65</b>

<b>Quadro 12:</b> Características dos metrô asiáticos do CoMET. ....	<b>66</b>
<b>Quadro 13:</b> Escala de Automação - <i>International Electrotechnical Commission (IEC)</i> . .....	<b>69</b>
<b>Quadro 14:</b> Estrutura de análise com base em Figueiredo (2003).....	<b>81</b>
<b>Quadro 15:</b> Modelo de análise de competências tecnológicas no Metrô de SP ....	<b>84</b>
<b>Quadro 16:</b> Perfil dos Entrevistados. ....	<b>86</b>
<b>Quadro 17:</b> Análise da <i>Variedade</i> dos processos de aprendizagem.. ....	<b>88</b>
<b>Quadro 18:</b> Análise da <i>Interação</i> dos processos de aprendizagem. ....	<b>88</b>
<b>Quadro 19:</b> Análise da <i>Intensidade</i> dos processos de aprendizagem. ....	<b>89</b>
<b>Quadro 20:</b> Análise do <i>Funcionamento</i> dos processos de aprendizagem. ....	<b>90</b>
<b>Quadro 21:</b> Análise das quatro características-chave .....	<b>91</b>
<b>Quadro 22:</b> Modelo para análise de acumulação de competências. ....	<b>92</b>

<b>Quadro 23:</b> Gráfico para análise da acumulação de competências tecnológicas e processos de aprendizagem no Metrô de SP .....	<b>92</b>
<b>Quadro 24:</b> Competências em Concepção e Gestão de Projetos: entre 1968 e 1974 .....	<b>109</b>
<b>Quadro 25:</b> Competências em Operação e Manutenção: entre 1968 e 1974 .....	<b>110</b>
<b>Quadro 26:</b> Cooperação tecnológica entre o Metrô de SP e outros metrôs no mundo .....	<b>116</b>
<b>Quadro 27:</b> Competências em Operação e Manutenção: entre 1975 e 2010 .....	<b>127</b>
<b>Quadro 28:</b> Competências em Concepção e Gestão de Projetos: entre 1975 e 2010 .....	<b>128</b>
<b>Quadro 29:</b> Processos de Aprendizagem do Metrô de SP - entre 1968 e 1974 .....	<b>134</b>
<b>Quadro 30:</b> Processos de Aprendizagem do Metrô de SP: entre 1975 e 2010 .....	<b>138</b>

**LISTA DE TABELAS**

<b>Tabela 1:</b> Principais metrôs do mundo (Dados de 2008 e 2009). .....	<b>67</b>
<b>Tabela 2:</b> Estrutura Física do Metrô de SP até 31/12/2010. ....	<b>96</b>
<b>Tabela 3:</b> Quadro de Funcionários da Empresa em 2010 .....	<b>98</b>
<b>Tabela 4:</b> Quadro de Funcionários distribuídos por idade e escolaridade .....	<b>99</b>
<b>Tabela 5:</b> Quadro de Funcionários do Metrô de SP entre 1968 e 1973 .....	<b>102</b>
<b>Tabela 6:</b> Proporção de utilização de cada método construtivo no período .....	<b>102</b>
<b>Tabela 7:</b> Índice de Nacionalização na Implantação da linha Azul. ....	<b>107</b>
<b>Tabela 8:</b> Volume total de componentes nacionalizados entre 1975 e 1990 .....	<b>111</b>
<b>Tabela 9:</b> Proporção de utilização de cada método construtivo até 1987 .....	<b>112</b>
<b>Tabela 10:</b> Proporção de utilização de cada método construtivo entre 1987 e 1998 .....	<b>117</b>

**Tabela 11:** Evolução do Grau de Escolaridade dos profissionais do Metrô de SP .125

**Tabela 12:** Quadro de profissionais do Metrô de SP por idade. .... 125

**Tabela 13:** Trajetória de acumulação de competências tecnológicas no Metrô de SP  
..... 130

**Tabela 14:** Características-Chave dos Processos de Aprendizagem: entre 1968 e  
1974 ..... 135

**Tabela 15:** Características-Chave dos Processos de Aprendizagem: entre 1975 e  
2010 ..... 139

**LISTA DE FIGURAS**

**Figura 1:** Recursos para a criação e gestão de mudanças tecnológicas ..... **44**

**Figura 2:** Desenvolvimento industrial baseado em aprendizagem. .... **51**

**Figura 3:** Modelo Conceitual. .... **76**

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Crescimento da rede do Metrô de SP em extensão. ....	<b>97</b>
<b>Gráfico 2:</b> Crescimento da rede do Metrô de SP em número de estações.....	<b>97</b>
<b>Gráfico 3:</b> Trajetória de Acumulação de Competências Tecnológicas no Metrô de SP. ....	<b>141</b>
<b>Gráfico 4:</b> Característica-Chave <i>Variedade</i> no Metrô de SP. ....	<b>142</b>
<b>Gráfico 5:</b> Característica-Chave <i>Intensidade</i> no Metrô de SP. ....	<b>143</b>
<b>Gráfico 6:</b> Característica-Chave <i>Funcionamento</i> no Metrô de SP. ....	<b>144</b>
<b>Gráfico 7:</b> Característica-Chave <i>Interação</i> no Metrô de SP. ....	<b>145</b>

**LISTA DE SIGLAS**

<b>JIT</b>	<b>Just in Time</b>
<b>LEFT</b>	<b>Literatura de Empresas de Tecnologia de Fronteira</b>
<b>LEPE</b>	<b>Literatura de Empresas em Países Emergentes</b>
<b>OEM</b>	<b>Original Equipment Manufacturing</b>
<b>ODM</b>	<b>Original Design Manufacturing</b>
<b>OBM</b>	<b>Original Brand Manufacturing</b>
<b>UITP</b>	<b>União Internacional dos Transportes Públicos</b>
<b>COMET</b>	<b>Comunidade de Metrôs</b>
<b>RTSC</b>	<b>Railway Technology Strategic Center</b>
<b>VCA</b>	<b>Trincheiras ou Valas a Céu Aberto</b>
<b>NATM</b>	<b>New Austrian Tunnelling Method</b>
<b>TBM</b>	<b>Tunnel Boring Machines</b>
<b>IEC</b>	<b>International Electrotechnical Commission</b>
<b>UTO</b>	<b>Unattended Train Operation</b>
<b>CBTC</b>	<b>Communication Based Train Control</b>
<b>CCO</b>	<b>Centro de Controle Operacional</b>

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto econômico atual, o processo de acumulação de competências tecnológicas consiste em uma condição fundamental para o aprimoramento do desempenho técnico e econômico em empresas e países (FIGUEIREDO, 2003). Como ressaltam Bell, Ross-Larsson e Westphal (1984), este processo influencia diretamente a competitividade internacional.

O conceito de competências tecnológicas contempla os recursos, dispostos em conhecimentos, experiências individuais e em sistemas organizacionais, que são necessários para gerar e gerenciar mudanças tecnológicas (BELL; PAVITT, 1995). A acumulação destas competências acompanhou o processo de industrialização e desenvolvimento tecnológico mundial ao longo do tempo. Entretanto, este processo não ocorreu de forma simultânea nos países, resultando em um cenário econômico marcado por países desenvolvidos e em desenvolvimento. Em diversas economias em desenvolvimento, o processo de industrialização ocorreu após a Segunda Guerra Mundial, sendo considerado como recente ou tardio, em comparação a outros países já desenvolvidos.

As economias desenvolvidas consistem na principal fonte de acesso a novas tecnologias por parte dos países em desenvolvimento (LALL, 1992). Segundo o autor, as mudanças tecnológicas ocorridas em economias desenvolvidas pressionam e estimulam empresas de países em desenvolvimento a absorverem estas mudanças. Contudo, estes países partem de uma condição inicial de baixa competitividade no mercado mundial, período caracterizado como “infância industrial” (BELL; ROSS-LARSSON; WESTPHAL, 1984). Desta forma, para atingir uma condição de maturidade industrial, requisito para a competitividade internacional, é necessária a acumulação de competências tecnológicas, que por sua vez, requer o emprego de esforços internos por parte destas empresas e países.

Até meados da década de 60, pouca atenção era destinada ao estudo do processo de industrialização e mudanças tecnológicas em países em desenvolvimento. Este processo era visto como algo que ocorria apenas em países desenvolvidos, cabendo às economias em desenvolvimento, apenas a absorção destas novas tecnologias de forma passiva (BELL; ALBU, 1999).

A transferência de tecnologia para países em desenvolvimento não pode ser vista como um processo simples, baseado apenas na aquisição de tecnologias provenientes de economias desenvolvidas. O aspecto relacionado à transferência de conhecimento, de caráter tácito, é fundamental para que a transferência de tecnologia seja bem sucedida, de forma a permitir a construção e acumulação de competências tecnológicas. Desta forma, a construção destas competências é influenciada pelo processo de aprendizagem tecnológica (KIM, 1998; LALL, 2000; FIGUEIREDO, 2003).

A aprendizagem tecnológica nas empresas relaciona-se com os processos que promovem a aquisição de conhecimentos, bem como com a extensão de conhecimentos adquiridos pelos indivíduos para o nível organizacional. Em outras palavras, a aprendizagem tecnológica relaciona-se aos processos pelos quais a aprendizagem individual se converte em aprendizagem no âmbito organizacional, o que possibilita a construção e acumulação de competências necessárias ao desenvolvimento de inovações (FIGUEIREDO, 2003).

As diferenças entre economias em desenvolvimento, no que se refere ao grau de desenvolvimento tecnológico e industrial, bem como à base de competências tecnológicas nacionais, residem na intensidade dos esforços empregados por estes países para tal finalidade. Estes esforços ocorreram com base no estabelecimento de políticas e estratégias governamentais, voltadas à interação de instituições e empresas no país e também na promoção de transferência de tecnologia com foco no processo de aprendizagem e desenvolvimento de competências tecnológicas locais.

Apesar de diferentes, as estratégias de países em desenvolvimento, relacionadas à transferência de tecnologia, foram marcadas por medidas protecionistas e políticas de substituição de importações, objetivando a construção de competências tecnológicas com base em processos de aprendizagem. O período de substituição de importações perdurou até o final dos anos 80, quando ocorreu forte intensificação da globalização e liberalização comercial, aumentando ainda mais o patamar de competitividade internacional e conseqüentemente a importância do processo de acumulação de competências tecnológicas (FIGUEIREDO, 2005).

Assim, dada a relevância do tema, a partir do final dos anos 70, surgiram diversos estudos com o objetivo de verificar o impacto dos avanços tecnológicos no progresso econômico de empresas de países em desenvolvimento, examinando a influência das competências tecnológicas em seu desenvolvimento (DAHLMAN; FONSECA, 1978; MAXWELL; TEUBAL, 1980; entre outros). Com as dificuldades sofridas pelos países em desenvolvimento ao final do período de substituição de importações e abertura do mercado, houve uma escassez de estudos voltados ao exame da construção de competências tecnológicas e sua influência neste processo de desenvolvimento econômico, tanto no âmbito de países quanto de empresas.

Contudo, Figueiredo (2003) ressalta que, a partir dos anos 90, surgiram diversos estudos com um enfoque mais amplo em relação aos anteriores, examinando de forma aprofundada as implicações dos processos de aprendizagem na trajetória de construção e acumulação de competências tecnológicas em empresas e países. O autor destaca a consolidação de duas vertentes de estudo sobre o tema: Literatura de Empresas em Países Emergentes - LEPE (LALL, 1992, 2000; BELL; PAVITT, 1995; KIM, 1997, 1998, 2005; HOBDAV, 2000; KATZ, 2000; DUTRÉNIT; VERA-CRUZ; NAVARRO, 2003); e Literatura de Empresas de Tecnologia de Fronteira - LETF (COHEN; LEVINTHAL, 1990; LEONARD-BARTON, 1992, 1995; NONAKA; TAKEUCHI, 1997; TEECE; PISANO; SHUEN, 1997) que estabelecem definições e modelos relevantes ao estudo de competências tecnológicas e processos de aprendizagem.

Os estudos referentes à LEPE trazem importantes contribuições quanto ao estabelecimento de conceitos e modelos para análise de acumulação de competências tecnológicas em países em desenvolvimento. Por outro lado, os estudos relacionados à LEFT, com enfoque em países desenvolvidos, trazem contribuições relevantes quanto à conversão da aprendizagem individual em organizacional. Figueiredo (2003) desenvolveu uma estrutura conceitual e analítica para examinar a forma e o tempo com que ocorre a trajetória de acumulação de competências tecnológicas nas empresas, bem como a influência dos processos de aprendizagem nesta trajetória, agregando as contribuições das duas vertentes de estudo.

O modelo foi inicialmente utilizado para o exame do tema em duas siderúrgicas brasileiras (FIGUEIREDO, 2003), sendo posteriormente aplicado em empresas de diversos setores, incluindo serviços (TACLA, 2002; TACLA; FIGUEIREDO, 2003; BUTTENBENDER; ZAMBERLAN; SPARENBERGER, 2003; CASTRO; FIGUEIREDO, 2005; VEDOVELLO; FIGUEIREDO, 2006; FIGUEIREDO, 2007; ANDRADE; FIGUEIREDO, 2008; GARCIA; FIGUEIREDO, 2009; MIRANDA; FIGUEIREDO, 2010; entre outros), o que ressalta a flexibilidade de sua aplicação.

Esta dissertação tem como objetivo, estudar a trajetória de acumulação de competências tecnológicas e a influência dos processos de aprendizagem sobre esta trajetória, utilizando para isto, um modelo adaptado a partir da estrutura conceitual e analítica proposta por Figueiredo (2003). Estes temas serão examinados por meio de um estudo de caso desenvolvido junto a Companhia Metropolitana de São Paulo, aqui denominada Metrô de SP, considerando o período de análise compreendido entre 1968 e 2010. O período selecionado compreende décadas de atividades da empresa, desde sua fundação, além do período referente à política de substituição de importações e posterior abertura no mercado, ocorridas no Brasil. Assim, será possível a análise de aspectos relacionados à transferência de tecnologia externa para empresa e seus processos de aprendizagem, que por sua vez, influenciaram a acumulação de competências tecnológicas.

A escolha do Metrô de SP para o desenvolvimento do estudo de caso justifica-se por se tratar de uma empresa prestadora de serviço de transporte público com mais de 20 anos de existência, apresentando relevantes atividades de desenvolvimento tecnológico desde sua fundação. Desta forma, a empresa apresenta os requisitos necessários para o desenvolvimento da pesquisa.

Além de destacar a questão, objetivos e justificativa da pesquisa, esta dissertação apresenta uma revisão teórica do campo, examinando a transferência de tecnologia para países em desenvolvimento e a evolução dos modelos conceituais e analíticos que permitem analisar a acumulação de competências tecnológicas e processos de aprendizagem relacionados. Nas seções seguintes, é apresentado o modelo selecionado para o desenvolvimento da dissertação, que ocorreu com base em uma abordagem qualitativa e exploratória, por meio da aplicação do método estudo de caso único. Nesta seção, serão detalhados os métodos utilizados para a coleta de dados.

Por fim, a dissertação apresenta a seção de análise de resultados, com o detalhamento da interpretação dos dados coletados conforme o modelo analítico empregado, seguido das conclusões e referências utilizadas.

### **1.1 Questões de Pesquisa da Dissertação.**

A partir do exposto anteriormente, chegamos ao problema de pesquisa a ser investigado:

- Como o Metrô de SP acumulou competências tecnológicas e quais os processos de aprendizagem utilizados?

## 1.2 Objetivos.

O objetivo geral da dissertação consiste em determinar, a partir do processo de transferência tecnológica do exterior, quais processos de aprendizagem foram utilizados e analisar sua influência sobre a competência tecnológica atual.

Para isso, são objetivos específicos da dissertação:

- Elaborar modelo, com base na estrutura analítica utilizada por Figueiredo (2003) para o exame da trajetória de acumulação de competências tecnológicas e processos de aprendizagem relacionados, para o desenvolvimento de estudo de caso no Metrô de SP.
- Determinar, para cada função técnica, o nível atual de acumulação de competências tecnológicas e o intervalo de tempo, em anos, necessário para superar cada nível de competência, conforme modelo adaptado da estrutura conceitual e analítica de Figueiredo (2003).
- Verificar a forma como ocorreu a acumulação de competências tecnológicas em cada função técnica, identificando a sequência de níveis percorrida e mapeando eventuais retrocessos nesta trajetória.
- Descrever a evolução e situação atual dos processos de aprendizagem empregados no Metrô do SP no período estudado, com base nas características-chave do modelo adotado.
- Identificar os processos de aprendizagem e seu impacto na trajetória de acumulação de competências tecnológicas em cada função técnica estabelecida para o desenvolvimento do estudo de caso no Metrô de SP.

### 1.3 Justificativas.

São vários os fatores que justificam a realização desta pesquisa:

- Apesar de trabalhos relevantes publicados a partir dos anos 90 sobre trajetória de acumulação de competências tecnológicas (LALL, 1992, 2000; BELL; PAVITT, 1995; KIM, 1997, 1998, 2005; TACLA, 2002; DUTRÉNIT; VERA-CRUZ; NAVARRO, 2003; FIGUEIREDO, 2003; TACLA; FIGUEIREDO, 2003; entre outros), Figueiredo (2003) avalia que poucos analisam os impactos promovidos pelos processos de aprendizagem nesta trajetória.
- São poucos os trabalhos que reúnem e relacionam evidências referentes às dimensões ligadas a competências tecnológicas e processos de aprendizagem em empresas brasileiras (TACLA; FIGUEIREDO, 2003). Miranda e Figueiredo (2010) também ressaltam a escassez de estudos para examinar a dinâmica de acumulação de competências tecnológicas.
- Em geral, os estudos desenvolvidos sobre este tema têm se concentrado no setor industrial (LALL, 1992, 2000; KIM, 1997, 1998, 2005; KATZ, 2000; TACLA, 2002; TACLA; FIGUEIREDO, 2003; FIGUEIREDO, 2003; DUTRÉNIT; VERA-CRUZ; NAVARRO, 2003; VEDOVELLO; FIGUEIREDO, 2006; ANDRADE; FIGUEREDO, 2008), investigando a contribuição da obtenção de competências tecnológicas para a melhoria de desempenho operacional e competitividade nas empresas.
- No Brasil, apenas recentemente foram desenvolvidos estudos sobre a influência dos processos de aprendizagem na trajetória de acumulação de competências tecnológicas no setor de serviços (FIGUEIREDO, 2007; MIRANDA; FIGUEIREDO, 2010), existindo a necessidade do desenvolvimento de maior quantidade de estudos desta natureza.

- Diversos autores (GALLOUJ, 2007; VARGAS; ZAWISLAK, 2007; STAL, 2007; VARGAS, 2009) ressaltam que o tema *inovação em serviços* vem sendo estudado com mais ênfase apenas a partir do final do século XX, consistindo assim, em um campo novo e em fase de construção. Como o tema relacionado às competências tecnológicas está diretamente associado à inovação, a trajetória de acumulação destas competências, bem como a influência dos processos de aprendizagem nesta trajetória em empresas do setor de serviços públicos são tópicos que merecem o desenvolvimento de novos estudos.

Desta forma, esta dissertação procura contribuir para o tema, visando aplicar a estrutura analítica adaptada de Figueiredo (2003) para responder ao problema de pesquisa formulado, através de um estudo de caso único junto ao Metrô de SP.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A revisão da literatura presente nesta dissertação envolve dois temas. Inicialmente, retrata a transferência tecnológica como fator fundamental para o processo de aprendizagem e acumulação de competências tecnológicas em países em desenvolvimento. Em seguida, apresenta a evolução de estudos relacionados à acumulação de competências tecnológicas por parte de empresas e países, bem como a relevância da aprendizagem tecnológica neste processo.

### **2.1 Transferência Tecnológica para Países em Desenvolvimento.**

O processo de industrialização de países em desenvolvimento foi marcado por forte dependência tecnológica dos países desenvolvidos (LALL, 1992). Até a década de 60, poucos estudos abordavam o entendimento dos avanços tecnológicos e a industrialização nestes países, uma vez que este processo ocorria apenas em economias industrializadas (BELL; ALBU, 1999). A transferência de tecnologia para países em desenvolvimento caracterizava-se como uma iniciativa de caráter passivo, envolvendo a simples adoção e operacionalização de tecnologias, provenientes de países industrializados.

Entretanto, este conceito não pode se restringir à simples aquisição de bens de capital. Segundo Dahlman (1989), as mudanças tecnológicas envolvem um caráter mais amplo e estão presentes ao longo do processo de industrialização mundial, associando-se às alterações na base de conhecimento, métodos de operação e modos de organização que permitem a transformação de matérias-primas em produtos acabados. Estas mudanças ocorrem em todos os setores das economias desenvolvidas, sendo posteriormente absorvidas pelos países em desenvolvimento e acarretando a construção e acumulação de competências tecnológicas (LALL, 1992).

A base de competências tecnológicas de um país determina o grau de absorção e utilização de uma nova tecnologia, bem como as fontes para seu acesso (LALL, 2000). O desenvolvimento destas competências, por sua vez, é influenciado pelo grau de profundidade com que ocorre o processo de aprendizagem, aspecto este fundamental para a criação de competências tecnológicas nacionais (KIM, 1998).

Desta forma, o processo de transferência de tecnologia para países em desenvolvimento é essencial para promover condições de aprendizagem e conseqüentemente, a construção e acumulação de competências tecnológicas nacionais. Para tal, é importante ressaltar o papel ativo das economias emergentes em relação à transferência tecnológica, promovendo a difusão e aprimoramento de novas tecnologias adquiridas e adaptadas às condições locais (BELL; PAVITT, 1995).

Primeiramente, é necessária uma seleção adequada da tecnologia a ser transferida (DAHLMAN, 1989). A escolha de tecnologias avançadas e de alta complexidade, principalmente com base em estratégias do tipo *leapfrogging* (aquisição de tecnologias avançadas sem um estágio prévio de domínio de tecnologias intermediárias), exige competências e infra-estrutura para sua assimilação, adaptação e difusão na economia. Vale destacar, porém, que os países em desenvolvimento empregam diferentes esforços voltados à assimilação de novas tecnologias. Para que recursos físicos e humanos possam ser empregados de forma a promover desenvolvimento tecnológico, é necessário um conjunto de incentivos oriundos do mercado, instituições e governos que, por sua vez, afetam a trajetória de acumulação de competências tecnológicas nacionais (LALL, 1992).

Políticas governamentais em países em desenvolvimento concentravam-se na identificação de necessidades e no mapeamento de condições locais com o objetivo de determinar prioridades na escolha de novas tecnologias para, assim, promover esforços voltados ao desenvolvimento tecnológico (DAHLMAN; ROSS-LARSSON; WESTPHAL, 1987). Conseqüentemente, as diferenças de desenvolvimento tecnológico entre os países resultam das disparidades em relação aos seus esforços internos (LALL, 1992).

Portanto, apesar da adoção em grande escala da estratégia de importação de tecnologia na trajetória de industrialização de economias em desenvolvimento, este processo ocorreu de diferentes formas nestes países, devido ao estabelecimento de políticas distintas de absorção e difusão de tecnologias importadas na economia local.

Os países em desenvolvimento dispõem de diversas fontes para acessar novas tecnologias e viabilizar a aprendizagem tecnológica, como iniciativas de licenciamento, investimento estrangeiro direto, *joint ventures*, subcontratação, treinamento de mão de obra no exterior, contratações, aquisições de empresas, entre outras (HOBDDAY, 2000). Contudo, nem todos os processos de importação de tecnologia conduzem à aprendizagem local de forma semelhante.

Ao examinar o setor eletrônico de países em desenvolvimento do leste e sudeste asiático, Hobday (2000) destacou o processo de aprendizagem ocorrido desde os anos 60, que permitiu que as empresas do segmento deixassem de fabricar produtos licenciados e padronizados para produzir e desenvolver produtos próprios, com foco em exportação.

Neste caso, o sistema de produção predominante no segmento, baseado em licenciamento para fabricação de produtos de empresas estrangeiras e detentoras da tecnologia, permitiu um processo de aprendizagem que, por sua vez, possibilitou a acumulação de competências tecnológicas. O acesso à tecnologia estrangeira pautado em investimento estrangeiro direto possibilita o processo de transferência tecnológica, principalmente para países de competências tecnológicas nacionais ainda incipientes, porém, dificulta o desenvolvimento futuro de novas competências, caso não sejam esforços relevantes voltados à aprendizagem (LALL, 1992).

As diferenças de aprendizagem, no que se referem às alternativas de acesso à tecnologia, decorrem do fato de que a transferência da tecnologia envolve transmissão de conhecimento, de caráter tácito e diretamente relacionado a habilidades, investimentos e esforços internos, que por sua vez, influenciam o processo de acumulação de competências tecnológicas.

Deste modo, Lall (2000) identifica dois modelos de transferência tecnológica baseados em conhecimento:

- *Internalização*: consiste na transferência de conhecimento tecnológico através de subsidiárias de multinacionais, caracterizada pela absorção consistente de *know-how* e deficiente do *know-why*;
- *Externalização*: onde a transferência de tecnologia enfatiza a transmissão do conhecimento do tipo *know-why*.

Apesar de adotar políticas voltadas à substituição de importações, principalmente após a Segunda Guerra Mundial, os países em desenvolvimento apresentaram diferenças em sua trajetória de desenvolvimento industrial e acumulação de competências tecnológicas. Em estudos sobre Ásia e América Latina, Lall (1992) destaca a Coreia do Sul como o país de maior desenvolvimento em relação a estas competências.

Segundo o autor, a Coreia do Sul adotou estratégias de desenvolvimento tecnológico baseadas em baixa dependência de investimentos estrangeiros diretos, aplicando medidas protecionistas e fortemente seletivas em relação à entrada de capital estrangeiro. O país direcionou sua estratégia para o desenvolvimento industrial e aumento do volume de exportações, por meio de políticas governamentais com foco no crescimento de grandes empresas locais (*chaebols*) e na aprendizagem a partir da experiência japonesa, em virtude das relações históricas e proximidade geográfica com este país (KIM, 2005).

Em outras economias asiáticas em desenvolvimento, o processo de transferência de tecnologia ocorreu de forma distinta. Em Hong Kong e Cingapura foram adotadas estratégias mais abertas à entrada de capital estrangeiro, ausência de políticas protecionistas significativas e foco nas exportações (LALL, 1992). No caso de Cingapura, destaca-se a forte presença de multinacionais, o que incentivou o país a investir em programas de educação e treinamento da força de trabalho.

Já em países da América Latina, como Brasil e México, as políticas governamentais caracterizaram-se pelo papel do governo como principal agente de desenvolvimento, promovendo política econômica protecionista e estratégia de substituição de importações (KATZ, 2000). Com políticas industriais bastante intervencionistas, Brasil e México promoveram importações de tecnologia como base ao desenvolvimento de competências tecnológicas locais (LALL, 1992). Contudo, apesar da presença de grandes empresas públicas e também de multinacionais, a ausência de interações entre empresas, institutos de pesquisa e universidades restringiu o desenvolvimento da pesquisa básica, posicionando algumas economias emergentes do leste asiático à frente destes dois países quanto à eficiência e formação do capital humano (KATZ, 2000).

A estratégia adotada pela Coreia do Sul, em contrapartida, desenvolveu uma base de competências tecnológicas bastante consistente, orientando o foco para o desenvolvimento tecnológico e investimentos estrangeiros em setores considerados estratégicos. Assim, com medidas protecionistas contra importações, seletividade em relação ao capital estrangeiro e foco no aprimoramento de habilidades internas e investimentos pesados em P&D, o país conseguiu desenvolver condições para atingir patamares internacionais de competitividade, com suporte em um processo de aprendizagem interno e formação de capital humano (LALL, 1992). Desta forma, a política de substituição de importações com foco em setores estratégicos foi fundamental para o desenvolvimento tecnológico e industrial do país, devido à ausência de competências tecnológicas locais e forte dependência de *know-how* externo para seu sistema produtivo após a Segunda Guerra Mundial (KIM, 2005).

Entretanto, as iniciativas voltadas à importação de tecnologia não devem ser tratadas como um fator de substituição da capacidade de desenvolvimento local, mas sim como um aspecto complementar aos esforços locais voltados à aprendizagem e desenvolvimento tecnológico (LALL, 2000). Países emergentes, com estratégias de desenvolvimento focadas na construção de conhecimento do tipo *know-how* e transferência tecnológica pautada no modelo de *Internalização* enfrentam dificuldades no mercado, principalmente para avançar a patamares mundiais de competitividade.

No início dos anos 90, o término do período de substituição de importações e a abertura de mercado acarretaram fortes mudanças estruturais no setor industrial dos países em desenvolvimento, elevando as taxas de desemprego e exigindo maior nível de capacitação dos profissionais, devido ao aumento no patamar de produtividade e competitividade em relação às décadas anteriores (KATZ, 2000).

Apesar das dificuldades sofridas pelas economias em desenvolvimento, para adequação a este novo contexto, o papel dos governos continuou sendo fundamental para o desenvolvimento tecnológico destes países. No Brasil, podemos citar a Lei da Informática, criada em 1991 para incentivar a produção de equipamentos de informática e telecomunicações, estimulando a atração de grandes empresas multinacionais para o país (STAL; CAMPANÁRIO, 2008). Esta lei proporcionou condições para a criação de institutos de pesquisa por parte de empresas multinacionais, promovendo sua interação com universidades, difundindo conhecimento e reduzindo custos para o desenvolvimento de P&D no país, o que resultou em um processo contínuo de acumulação de competências tecnológicas (FIGUEIREDO, 2006).

Desta forma, o fim da estratégia de substituição de importações em países em desenvolvimento e a intensificação da globalização e liberalização comercial elevaram ainda mais a importância do processo de acumulação de competências tecnológicas para o crescimento econômico e a competitividade internacional nesses países.

## **2.2 Evolução dos Estudos sobre Competências Tecnológicas.**

A construção e acumulação de competências tecnológicas têm se tornado um fator cada vez mais importante para o crescimento econômico e a competitividade internacional, principalmente em países em desenvolvimento (FIGUEIREDO, 2005). São encontrados diversos estudos sobre o tema, com foco tanto em países em desenvolvimento quanto em economias desenvolvidas.

Nestes estudos, o termo competência tecnológica é encontrado sob várias nomenclaturas, como por exemplo, capacidades tecnológicas ou *technological capabilities*. Assim, devido à similaridade do conceito e necessidade de padronização desta nomenclatura para seu melhor entendimento, esta revisão teórica refere-se ao termo como “competências tecnológicas”, conforme utilizado por Figueiredo (2003).

Segundo o autor, a partir dos anos 70, emergiram estudos que propunham o exame sistemático da acumulação de competências tecnológicas no desenvolvimento industrial e econômico de empresas e países, principalmente com ênfase em economias em desenvolvimento. Nos anos 90, surge um novo conjunto de estudos sobre o tema, porém aprofundando o exame da influência dos processos de aprendizagem na acumulação de competências tecnológicas. Desta forma, esta seção do referencial teórico tem como objetivo apresentar uma revisão dos estudos mais relevantes sobre o tema, de forma a possibilitar o entendimento do conceito de competências tecnológicas.

Diversos estudos relevantes sobre competências tecnológicas foram desenvolvidos no setor siderúrgico a partir do final dos anos 70 (DAHLMAN; FONSECA, 1978; MAXWELL; TEUBAL, 1980; entre outros). Destaca-se o estudo de Dahlman e Fonseca (1978) sobre a modernização e expansão tecnológica da Usiminas no período compreendido entre as décadas de 50 e 70 e que apresenta contribuições relevantes ao descrever o estabelecimento de estratégias baseadas no desenvolvimento de pessoal e infra-estrutura tecnológica como forma de reagir à crise financeira que ocorria no período. Contudo, esses estudos caracterizaram-se por apresentar uma visão restrita em relação ao conceito de competência tecnológica. Além disso, não houve no período, análises comparativas da trajetória de acumulação de competências tecnológicas entre as empresas pesquisadas.

Os anos 80 foram marcados por uma escassez de pesquisas referentes à acumulação de competências tecnológicas e processos de aprendizagem correlacionados, motivada pelas alterações no cenário econômico e industrial, principalmente em países em desenvolvimento (FIGUEIREDO, 2003; TACLA; FIGUEIREDO, 2003).

Na Argentina, México e Brasil ocorreu uma interrupção do processo de crescimento em produtividade e em sofisticação tecnológica (KATZ, 2000). As crises internacionais no final da década de 70, associadas ao crescimento de taxas de juros, retração da demanda industrial e baixa disponibilidade de financiamento externo explicam a descontinuidade no processo de desenvolvimento destes países. A desaceleração da economia mundial também afetou outros países em desenvolvimento, com políticas voltadas à exportação, como a Coreia do Sul (KIM, 2005).

Esses países promoveram grandes esforços para reagir às adversidades daquele cenário, marcado pela ausência de investimentos externos, instabilidade econômica, retração da demanda industrial e foco em operações financeiras, em detrimento dos esforços em tecnologia e engenharia (KATZ, 2000). Desta forma, surgiram nesta época, diversos estudos com foco na aplicação e difusão de técnicas voltadas à organização da produção, como *Just in Time (JIT)* e *Controle e Gestão de Qualidade Total* (BESSANT; KAPLINSKY, 1995; entre outros).

Entretanto, estes trabalhos praticamente não abordaram aspectos relacionados ao conhecimento e processos de aprendizagem, nem apresentavam uma análise de longo prazo, enfatizando apenas a adoção e aplicação de ferramentas relacionadas à qualidade e organização de produção (FIGUEIREDO, 2003). O foco em relação à adoção e aplicação de técnicas de organização de produção tinha como objetivo buscar melhorias operacionais, que permitissem a sobrevivência das empresas diante das adversidades impostas por este cenário. Isto, porém, influenciou a escassez de estudos mais aprofundados, referentes à acumulação de competências tecnológicas e processos de aprendizagem.

Com a abertura de mercado e a intensificação da globalização nos anos 90, ocorreu um aumento significativo do grau de competitividade no cenário econômico mundial. Deste modo, dada a relevância do tema e as limitações encontradas em estudos anteriores, este campo de pesquisa exigiu uma abordagem mais ampla em relação a esses temas.

### 2.3 A Aprendizagem nas Empresas.

A partir dos anos 90, surge um novo conjunto de estudos que examinaram a influência dos processos de aprendizagem na trajetória de acumulação de competências tecnológicas nos países em desenvolvimento. Esses trabalhos proporcionaram maior aprofundamento sobre o tema em empresas e países, diferenciando-se, portanto, dos estudos elaborados anteriormente, que apenas descrevem a trajetória de evolução tecnológica das organizações (FIGUEIREDO, 2005).

A aprendizagem pode ser definida como um processo de mudança com base em experiências anteriores acumuladas, que podem resultar em mudanças de comportamento (FLEURY; FLEURY, 1997). Há vários estudos que examinam o tema adotando uma abordagem voltada aos aspectos organizacionais e cognitivos. Dentre estes estudos, vale ressaltar os trabalhos de Levitt e March (1988), que destacam três pontos mencionados por diversos autores e relacionados à aprendizagem organizacional:

- O comportamento da empresa é influenciado pelas rotinas organizacionais;
- O estabelecimento de rotinas organizacionais não se baseia em projeções futuras, mas sim em fatos passados;
- As ações da empresa são orientadas com base em objetivos, ou seja, o comportamento organizacional é influenciado pelas diferenças entre resultados previstos e realizados.

As empresas aprendem por meio de iniciativas que se baseiam em conhecimento explícito e codificado, conforme fatos passados e dentro de rotinas organizacionais que orientam o comportamento (LEVITT; MARCH, 1988). As rotinas organizacionais manifestam-se nas empresas por meio de regras, procedimentos, convenções, estratégias, tecnologias, crenças e modelos, que permeiam a empresa.

Estas rotinas são transmitidas ao longo do tempo por meio de diversos mecanismos, como socialização, educação, imitação, profissionalização, *job rotation*, fusões e aquisições, entre outros. Entretanto, esta abordagem não explica como o processo de aprendizagem organizacional contribui para a construção e acumulação de competências que levam ao desenvolvimento tecnológico.

Segundo Queiroz (2006), a aprendizagem tecnológica refere-se a um processo no qual a empresa acumula habilidades e conhecimentos para promover o aprimoramento contínuo da tecnologia, objetivando ganhos de desempenho. Bell, Ross-Larsson e Westphal (1984) afirmam que a acumulação de competências tecnológicas é um processo de aprendizagem que envolve uma ampla perspectiva, considerando crescimento de produtividade, aquisições de habilidades e conhecimentos individuais e *feedbacks* com base nos resultados dos processos produtivos.

A perspectiva restrita em relação ao conceito de aprendizagem remete ao mecanismo denominado *learning-by-doing*, que envolve uma postura passiva, automática e sem custos adicionais, com base no próprio *feedback* de atividades produtivas (FLEURY; FLEURY, 1997). Bell e Albu (1999), por sua vez, mencionam o caráter de tentativa e erro inerente a este mecanismo de aprendizagem. Entretanto, o *learning-by-doing* mostra-se insuficiente para a construção de competências que proporcionem desenvolvimentos tecnológicos, pois envolve atividades relacionadas apenas à excelência operacional que, por si só, não oferecem subsídios à geração de mudanças técnicas (BELL; PAVITT, 1995). Assim, trata-se de uma iniciativa estática e passiva de aprendizagem.

Outros mecanismos de aprendizagem são destacados na literatura. Quando a acumulação de conhecimento decorre do uso de um determinado produto e não propriamente de seu processo de fabricação, o mecanismo de aprendizagem em questão denomina-se *learning by using* (QUEIROZ, 2006). Em relação ao *learning by doing*, este mecanismo apresenta um caráter mais ativo dos indivíduos no processo de aprendizagem, proporcionando maior eficiência e minimização de custos.

A partir das definições propostas por Bell (1985), Fleury e Fleury (1997) destacam outros mecanismos de aprendizagem descritos na literatura:

- *Learning by changing* é um mecanismo que se manifesta sempre que a empresa promove a mudança de características de sua operação de forma sistemática. Assim, o ritmo de aprendizagem por meio deste mecanismo não está diretamente relacionado ao tempo ou à produção, mas sim à taxa de modificações e novos projetos implantados na operação.
- *Learning by hiring* ocorre quando uma empresa opta pela contratação de profissionais que detêm conhecimentos inexistentes internamente.
- *Learning by training*, por sua vez, refere-se ao aprendizado por meio de treinamentos.
- *Learning by searching*, relacionado à busca por transferência de tecnologia e que, por sua vez, depende de um esforço interno da empresa e do conhecimento prévio acumulado, para adaptá-las às necessidades locais.
- *Learning by system performance feedback*, relacionado a mecanismos institucionalizados para geração, registro, análise e interpretação de informações referentes ao desempenho operacional, gerando memória organizacional para evitar a replicação de falhas anteriores.

Entretanto, estes mecanismos de aprendizagem não apresentam base teórica suficiente para examinar a influência de processos de aprendizagem na construção e acumulação de competências tecnológicas. Para isto, é necessário adotar uma perspectiva de aprendizagem nas empresas que remete ao termo “aprendizagem tecnológica”, relacionada com os processos que promovem a aquisição de conhecimentos, bem como com a extensão de conhecimentos adquiridos pelos indivíduos para o nível organizacional (FIGUEIREDO, 2003). Em outras palavras, a aprendizagem tecnológica relaciona-se a processos pelos quais a aprendizagem individual se converte em aprendizagem organizacional.

O autor identifica duas vertentes de estudo relacionadas à acumulação de competências tecnológicas e processos de aprendizagem: a primeira vertente denomina-se Literatura de Empresas de Tecnologia de Fronteira (LETF), com estudos focados em empresas de países desenvolvidos; a segunda vertente Literatura de Empresas em Países Emergentes (LEPE), que concentra esforços na análise deste tema em empresas de países em desenvolvimento ou de industrialização recente. Estas duas vertentes apresentam definições de competências tecnológicas, além de examinar processos de aprendizagem tecnológica e estabelecer modelos conceituais e analíticos com o objetivo de examinar a influência destes processos na construção e acumulação destas competências. As limitações e contribuições geradas por estas duas vertentes de estudos serão apresentadas na próxima seção.

#### **2.4 Literatura de Empresas de Tecnologia de Fronteira (LETF)**

Os estudos que compreendem a LETF caracterizam-se por examinar como as empresas mantêm, introduzem em suas rotinas organizacionais e integram as competências tecnológicas já acumuladas, sem, entretanto, abordar a forma e o tempo relacionados ao desenvolvimento e acumulação destas competências no longo prazo (FIGUEIREDO, 2003).

No estudo dos aspectos relacionados à aprendizagem, a contribuição desta vertente é extremamente rica, tanto no que se refere à aquisição de conhecimentos pelas empresas quanto a seus processos de conversão do âmbito individual para o organizacional, enfatizando o papel crucial do conhecimento prévio para a assimilação de novos conhecimentos e o fortalecimento de competências tecnológicas.

Os estudos desenvolvidos por Leonard-Barton (1992) encaixam-se nesta vertente, examinando, em empresas norte-americanas de diversos setores industriais, as competências tecnológicas que proporcionam um diferencial e possibilitam a obtenção de vantagem competitiva às empresas. Posteriormente, Leonard-Barton (1995) desenvolveu estudo junto à siderúrgica norte-americana Chaparral, examinando o processo de constituição de competências e as atividades de construção do conhecimento organizacional relacionadas. Em seus trabalhos, a autora apresenta importantes contribuições, principalmente quanto à definição do termo “competências tecnológicas”. Inicialmente, o estudo identifica competências em um nível básico, relacionadas às habilidades que geram valor para a empresa, mas com possibilidade de imitação pelos concorrentes (*supplemental capabilities*). Um segundo conjunto de competências refere-se ao desempenho de atividades em níveis de excelência, mas sem, no entanto, proporcionar um diferencial competitivo (*enabling capabilities*). Finalmente, a autora destaca competências que constituem um diferencial competitivo para a empresa em relação aos concorrentes (*core competences*), que foram construídas ao longo do tempo, não estão disponíveis em fontes públicas e são, portanto, de difícil imitação.

O dinamismo do mercado estimula a introdução de mudanças tecnológicas, o que acarreta um alto grau de competitividade. Desta forma, o conceito de competências tecnológicas não pode se restringir a um caráter estático e definitivo, exigindo um processo contínuo de acumulação e renovação. Teece, Pisano e Shuen (1997) referem-se às “competências dinâmicas” como habilidades necessárias para que as empresas possam alcançar novas formas de vantagem competitiva. A palavra “dinâmica” enfatiza a capacidade de renovação de uma base de competências em congruência com um ambiente externo em constante mudança, ao passo que o termo “competência” relaciona-se com a importância crucial da gestão estratégica voltada a adaptação, integração e reconfiguração de habilidades e recursos organizacionais com base nas mudanças do mercado.

A ênfase no caráter dinâmico das competências é retratada na definição do termo “competências tecnológicas”, proposto por Leonard-Barton (1992, 1995), onde as competências compreendem quatro dimensões, sendo duas delas associadas a reservatórios dinâmicos de conhecimento e as demais relacionadas à gestão e controle do conhecimento. As quatro dimensões são definidas como:

- *Habilidades e Conhecimentos*: constituídos por conhecimentos públicos ou científicos; conhecimentos específicos do segmento; e conhecimentos específicos da empresa, de difícil imitação ou duplicação. Consistem em reservatórios dinâmicos de conhecimento.
- *Sistemas Técnico-Físicos*: envolvem equipamentos e demais recursos físicos que carregam conhecimento acumulado. Também consistem em reservatórios dinâmicos de conhecimento.
- *Sistemas Gerenciais*: envolvem a gestão e monitoramento do fluxo e acumulação do conhecimento, através de sistemas organizacionais de incentivo, capacitação e reconhecimento.
- *Normas e Valores*: envolvem a orientação da trajetória de acumulação de conhecimentos, com base em crenças e comportamentos.

Assim, constata-se que as definições propostas por autores desta abordagem em relação às competências tecnológicas ressaltam seu caráter dinâmico e fortemente baseado em acumulação de conhecimento. Estes trabalhos enfatizam não apenas a determinação de formas de aprendizagem organizacional, como os mecanismos de aprendizagem do tipo *learning by doing* e outros descritos por Bell (1985), mas também as dinâmicas organizacionais que possibilitam a conversão de conhecimento individual em organizacional (FIGUEIREDO, 2003). Contudo, esta abordagem não examina, de forma profunda, outros campos de pesquisa voltados à capacidade cognitiva de aprendizagem.

O processo de aprendizagem denominado *learning by learning* encontra-se na literatura relacionado não apenas à acumulação de competências, mas também à capacidade de aprender das empresas, possibilitando melhor gerenciamento do processo de aprendizagem (QUEIROZ, 2006).

A habilidade necessária para explorar conhecimentos externos à empresa é vital para seu processo de inovação e depende de uma base de conhecimentos prévios existentes que permitem reconhecer o valor de novas tecnologias, permitindo sua absorção e aplicação para fins comerciais (COHEN; LEVINTHAL, 1990). Segundo os autores, a definição de capacidade absorptiva em empresas consiste no conjunto de habilidades relacionadas a uma base de conhecimento prévio que lhes permitem assimilar e aplicar novos conhecimentos. Logo, a empresa que não dispor de capacidades absorptivas torna-se incapaz de reconhecer novas oportunidades associadas a avanços tecnológicos, deixando de investir no desenvolvimento desta capacidade.

Entretanto, este conceito não aborda os mecanismos de conversão de aprendizagem individual em aprendizagem organizacional. Neste ponto, é relevante a contribuição de Nonaka e Takeuchi (1997), cujos estudos em empresas japonesas apresentam uma estrutura analítica denominada “espiral do conhecimento”, que aborda mecanismos de conversão de conhecimento e sua ampliação do nível individual para o nível organizacional. A espiral do conhecimento baseia-se nos mecanismos descritos no quadro a seguir.

<u>Mecanismos de Conversão</u>	<u>Características</u>
Socialização (tácito em tácito)	Processo no qual ocorre o compartilhamento de experiências e, conseqüentemente, a criação de conhecimento tácito sob a forma de modelos mentais compartilhados. A aquisição do conhecimento tácito ocorre pela experiência dos indivíduos. São exemplos de ações que promovem socialização, a observação, a imitação prática, o <i>brainstorming</i> , as interações com clientes no desenvolvimento de produtos, entre outras.
Externalização (tácito em explícito)	Processo de conversão do conhecimento tácito em conhecimento explícito. Esta conversão ocorre com a utilização de metáforas e analogias, conceitos, hipóteses e modelos, sendo promovido através de diálogo ou reflexões em equipes de trabalho. Quando se tornam explícitos, os conhecimentos podem ser codificados e expressos em linguagem sistemática e lógica.
Combinação (explícito em explícito)	Processo de sistematização de conceitos através de um conjunto de conhecimentos. Este mecanismo de conversão de conhecimentos envolve a combinação de diferentes conjuntos de conhecimento explícitos e ocorre através de documentos, reuniões, treinamentos, desdobramento de visões organizacionais, redes de comunicação computadorizadas. A combinação requer ações de classificação, acréscimo e categorização de conhecimento explícito.
Internalização (explícito em tácito)	Processo de incorporação de conhecimento explícito em tácito. A internalização consiste na última etapa da espiral do conhecimento, gerando novos conhecimentos tácitos nas empresas e que precisam ser socializados, promovendo o início de uma nova espiral e, conseqüentemente, a geração de novos conhecimentos.

**Quadro 1:** Mecanismos de Conversão de Conhecimento.

Fonte: Nonaka e Takeuchi (1997)

A LEFT não considera os aspectos abordados relacionados à transferência tecnológica, dado seu enfoque em países desenvolvidos, que consistem em fontes de tecnologia para as economias emergentes. A análise deste tema ocorre de forma mais profunda nos estudos da LEPE, apresentados a seguir.

## **2.5 Literatura de Empresas em Países Emergentes (LEPE)**

A vertente de estudos denominada LEPE não aborda a conversão de conhecimento individual em conhecimento organizacional, porém, estabelece conceitos fundamentais sobre competências tecnológicas em relação a países em desenvolvimento, apresentando modelos para análise de trajetórias tecnológicas nas empresas (FIGUEIREDO, 2003). Estes estudos examinam empresas e setores industriais desses países, classificando-os em uma condição inicial de baixa competitividade no mercado mundial, período caracterizado como “infância industrial”, onde a aquisição e acumulação de competências tecnológicas constituem a estratégia para atingir um patamar de competitividade mundial.

Este período de “infância industrial” é retratado por Bell, Ross-Larsson e Westphal (1984), que destacam a relação direta entre competência tecnológica e competitividade internacional. Assim, o processo de transferência de tecnologia proveniente de países desenvolvidos consiste em fator fundamental para a construção destas competências em países em desenvolvimento.

Os estudos que compõem a LEPE abordam de forma mais aprofundada os conceitos de competências tecnológicas, estabelecendo diversas definições e modelos com o objetivo de estudar a trajetória de acumulação destas competências em economias emergentes, bem como em empresas destes países. O quadro a seguir apresenta as principais definições referentes a competências tecnológicas encontradas nesta vertente de estudos sobre o tema.

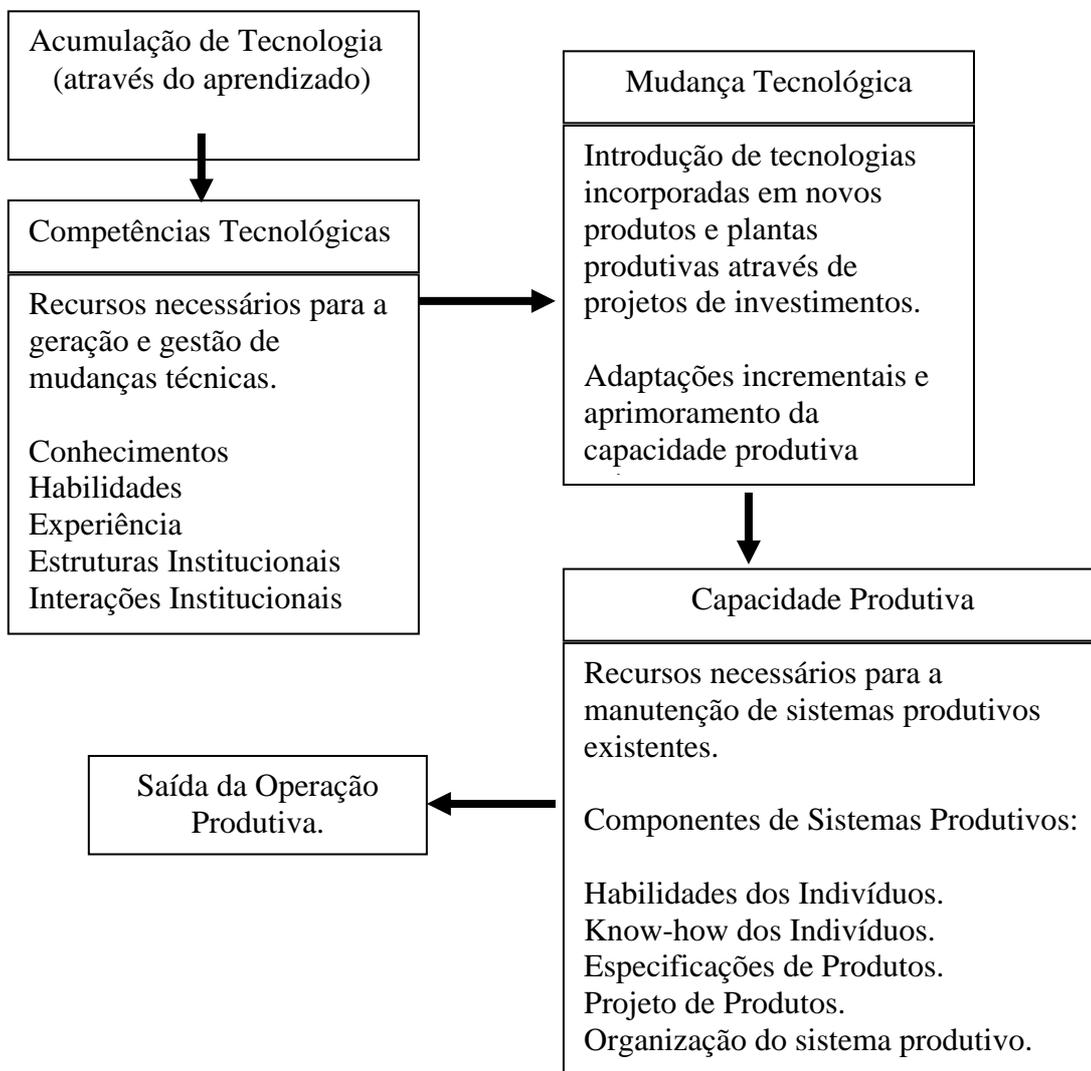
Autor (es)	Abordagem em relação à Competências Tecnológicas
Aw e Badra (1998)	Competências tecnológicas podem ser definidas como a capacidade de adaptação de tecnologias importadas de outros países e a utilização de recursos necessários para gerir e utilizar de forma eficiente e produtiva estas novas tecnologias. Dentre estes recursos, os autores destacam habilidade pessoal, conhecimento, experiência, estrutura e interações organizacionais.
Kim (2005)	Relaciona a competência tecnológica ao termo “aptidão tecnológica”, definida como a capacidade de utilização do conhecimento tecnológico para assimilar, utilizar, adaptar e mudar tecnologias existentes. A competência tecnológica abrange três elementos: aptidão produtiva, necessária à operação e manutenção de instalações produtivas, segundo parâmetros originais de tecnologia, bem como à adequação e aprimoramento da tecnologia de produção existente; aptidão de investir, voltada ao aumento de capacidade produtiva e estabelecimento de novas instalações, incluindo habilidades voltadas à análise de investimento, gestão e execução de projetos; e aptidão de inovar, relacionada à capacidade de criar e disseminar novas possibilidades tecnológicas, bem como ao aprimoramento da tecnologia além de suas premissas iniciais.
Lall (1992)	Competências tecnológicas abrangem investimentos físicos, recursos humanos e esforços tecnológicos, sendo que estes três aspectos devem ser simultaneamente considerados. As competências não se limitam apenas à soma das competências existentes em empresas individuais, mas levam em conta também as interações com outras instituições e fatores externos.
Bell, Ross-Larsson e Westphal (1984)	A competência tecnológica é definida como a habilidade necessária para a escolha e uso efetivo da tecnologia e o estabelecimento de processos produtivos, bem como para a gestão de mudanças nesses produtos e processos, possibilitando a obtenção e manutenção de condições de competitividade.
Bell e Pavitt (1995)	O conceito de competências tecnológicas abrange os recursos presentes nos conhecimentos e experiências individuais, bem como nos sistemas organizacionais, necessários para gerar e gerenciar mudanças tecnológicas.

**Quadro 2:** Competências tecnológicas segundo autores da LEPE.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

As definições de competências tecnológicas propostas por estudos que compõem a LEPE convergem para iniciativas de assimilação e adaptação de tecnologias provenientes de países desenvolvidos e a disponibilidade de recursos para desenvolver e gerenciar avanços tecnológicos.

Com base nos estudos de Lall (1992), Bell e Pavitt (1995) afirmam que os recursos utilizados para criação e gestão de mudanças tecnológicas classificam-se em dois tipos: recursos utilizados para manutenção de sistemas produtivos existentes; e recursos utilizados para mudança dos sistemas produtivos existentes, conforme ilustrado abaixo:



**Figura 1:** Recursos para a criação e gestão de mudanças tecnológicas.

Fonte: Adaptado de Bell e Pavitt (1995)

Com base na distinção entre recursos, Figueiredo (2005) e Vedovello e Figueiredo (2006) destacam quatro componentes onde as competências tecnológicas de uma empresa ou setor industrial encontram-se armazenadas e acumuladas:

- *Sistema Técnico-Físico*: composto por equipamentos, instalações e softwares;
- *Sistema Organizacional e Estratégias Gerenciais*: compreende conhecimento acumulado e embutido em rotinas organizacionais, bem como em procedimentos, documentos e técnicas de gestão;
- *Mente dos Indivíduos*: relacionado ao conhecimento tácito, experiências e habilidades dos indivíduos, acumuladas ao longo do tempo;
- *Produtos e Serviços*: manifestação visível das competências tecnológicas, refletindo o conhecimento tácito disponível na empresa, localizado em seus indivíduos e sistemas técnico-físicos e organizacionais, incorporando os três componentes anteriores.

Existem similaridades entre estes conceitos e aqueles propostos por Leonard Barton (1992, 1995). Destacam-se os aspectos relacionados aos indivíduos (referente à acumulação do conhecimento tácito) e à organização (com o estabelecimento de rotinas e sistemática de gestão que possibilitam a acumulação contínua deste conhecimento), onde reside a importância da aprendizagem tecnológica.

Assim, quando o processo de aprendizagem é ignorado pelas empresas, as estratégias relacionadas à inovação e aquisição de tecnologia importada geram resultados pouco satisfatórios (Figueiredo, 2005). As diferenças entre economias desenvolvidas quanto ao processo de desenvolvimento tecnológico originam-se da ênfase dada por países e empresas às estratégias gerenciais e sistemas organizacionais, que estão associados ao estabelecimento de um processo contínuo e sistemático de aprendizagem.

Portanto, para que a transferência de tecnologia para países em desenvolvimento possibilite a acumulação de competências tecnológicas, não basta apenas a aquisição de tecnologia importada e treinamento de pessoas, mas também um imprescindível processo contínuo e consistente de aprendizagem. Os modelos de aprendizagem e de mudança tecnológica empregados em países em desenvolvimento são fundamentais para o entendimento do processo de criação de competências tecnológicas (KIM, 2005). A aprendizagem nas empresas ocorre no nível organizacional e individual, relacionando-se com a sua capacidade absorptiva da empresa, ou seja, ela deve dispor de capacidade para assimilar e utilizar os novos conhecimentos.

Os estudos de Cohen e Levinthal (1990) caracterizavam-se pelo foco nas capacidades absorptivas das empresas. Porém, estudos mais recentes abordaram os aspectos relacionados a capacidades absorptivas no âmbito nacional. Os trabalhos de Criscuolo e Narula (2008) postulam uma relação inversamente proporcional entre capacidade absorptiva no âmbito nacional e defasagem tecnológica, devido ao caráter cumulativo dos processos de aprendizagem e o gradual aumento do nível de complexidade do conhecimento à medida que o país se aproxima do patamar de fronteira tecnológica. Em seu estudo, os autores reforçam e compartilham a visão de Dahlman e Nelson (1995), que definem capacidade absorptiva nacional como a capacidade de aprendizagem e implantação de tecnologias e práticas já realizadas em países desenvolvidos.

A abordagem relacionada à capacidade absorptiva nacional estabelece quatro etapas de acumulação de conhecimento, que podem ser aplicadas no exame dos processos de aprendizagem em países em desenvolvimento (CRISCUOLO; NARULA, 2008). As duas fases iniciais denominam-se estágio de *pré-catching up* e estágio de *catching up*, onde a acumulação tecnológica ocorre via comercialização de produtos e serviços, bem como recebimento de investimentos diretos provenientes do exterior. As duas fases posteriores, relacionadas ao estágio *pré-frontier* e estágio *frontier* referem-se às iniciativas de inovações por meios não imitativos e investimentos diretos do país no exterior. Para que os países em desenvolvimento acumulem conhecimento através destes quatro estágios, devem dispor de uma base mínima de conhecimento prévio.

Esta abordagem sugere que a geração e introdução de inovações por parte de países em desenvolvimento requerem um processo de acumulação de conhecimentos, baseado em processos de aprendizagem, que ocorre de forma cumulativa, a partir de uma gama de conhecimentos prévios existentes. A base de conhecimentos permite a adaptação e geração de novas tecnologias, orientando trajetórias de desenvolvimento tecnológico na economia (BELL; ROSS-LARSSON; WESTPHAL, 1984; KIM, 2005; entre outros). Assim, é possível observar um consenso nesta vertente de estudos em relação à importância do esforço tecnológico promovido internamente por empresas e países em desenvolvimento, como forma de obter, assimilar, operar e aprimorar novas tecnologias.

As empresas desenvolvem conhecimento para implantar novas tecnologias em sua operação, o que possibilita maior eficiência em sua gestão organizacional (LALL, 1992). Os estudos de Kim (1998) examinam como ocorrem estes esforços em países em desenvolvimento, destacando a geração de crises internas por parte dos próprios gestores das empresas, com o objetivo de alavancar processos de aprendizagem por meio de um contínuo esforço interno de conversão de conhecimento individual em organizacional, aplicado na solução destas crises. As crises permitem o desenvolvimento da capacidade interna de absorção de conhecimento para proporcionar condições para futura evolução tecnológica.

Apesar da pouca prioridade dada à forma como ocorre a conversão de conhecimento individual em organizacional nas empresas, os estudos relativos à LEPE proporcionam grande contribuição em termos de modelos estabelecidos para determinar níveis de acumulação de competências tecnológicas, expostos a seguir.

### **2.5.1 Evolução dos Modelos Conceituais segundo a LEPE.**

Os estudos referentes à LEPE apresentam diversos modelos conceituais e analíticos para determinar o grau de desenvolvimento e acumulação de competências tecnológicas em empresas de países em desenvolvimento.

Além de analisar a trajetória de acumulação de competências tecnológicas no âmbito nacional, Lall (1992) prestou importante contribuição no estudo de competências tecnológicas de empresas, desenvolvendo um modelo analítico para determinar as competências tecnológicas acumuladas em três funções técnicas básicas: investimento, produção e interação com o ambiente externo.

A função relacionada ao investimento envolve a identificação de uma nova tecnologia e preparação para sua aquisição, adaptação e implantação na empresa. A função técnica de produção refere-se à capacidade básica de operação e manutenção de sistemas produtivos já existentes, chegando até as atividades de pesquisa e inovação. Finalmente, a interação envolve transmissão de informações e tecnologia entre fornecedores, consultores, prestadores de serviço e instituições de pesquisa e tecnologia. O quadro a seguir apresenta de forma mais detalhada estas funções técnicas.

<b>Função Técnica</b>	<b>Conceito</b>
Investimento	Refere-se à habilidade de identificação, preparação, obtenção e criação de tecnologia. Envolve necessidades de capital, preparação para operar em grandes escalas de produção, seleção de tecnologias e equipamentos.
Produção	Refere-se a habilidades básicas de operação, gestão de qualidade e manutenção, bem como adaptação, aprimoramento de equipamentos e atividades relacionadas à inovação. Abrangem esforços internos para assimilar tecnologias provenientes de outras empresas.
Interação	Refere-se a habilidades necessárias à transmissão de informações e transferência de tecnologia, junto a fornecedores, consultores e instituições de pesquisa e tecnologia.

**Quadro 3:** Descrição das Funções Técnicas.

Fonte: Adaptado de Lall (1992).

Devido ao caráter tácito da tecnologia, apenas os processos de aprendizagem podem proporcionar condições para que esta transferência de tecnologia ocorra de forma efetiva (LALL, 1992). Deste modo, o autor define funções técnicas essenciais para que as empresas possam assegurar o sucesso no desempenho comercial de suas operações. Estas funções encontram-se dispostas em uma matriz, que possibilita verificar o nível de desenvolvimento tecnológico em cada uma destas funções, conforme abaixo.

Matriz Ilustrativa de Competências Tecnológicas							
Grau de Complexidade das Competências Tecnológicas		Funções Técnicas					
		Investimentos		Produção			Interação com agentes externos
		Pré-Investimentos	Execução do Projeto	Engenharia de Processos	Engenharia de Produto	Engenharia Industrial	
Básicas	Rotinas Simples (Baseadas em Experiências)	Estudos de Viabilidade, seleção de locais e programação de investimentos	Construção Civil, serviços auxiliares, start up de equipamentos e comissionamento	Depuração, balanceamento, controle de qualidade, manutenção preventiva e assimilação de tecnologias de Processo	Assimilação do projeto do Produto, pequenas adaptações à necessidades de mercado	Estabelecimento de Fluxo de Processos, estudos de tempo e controle de inventário	Compra local de bens e serviços, troca de informações com fornecedores
Intermediárias	Adaptações Duplicativas (baseadas em buscas e verificações)	Busca por Fontes de Tecnologia, Negociação de contratos e termos, Sistemas de Informação	Compra de equipamentos, atividades de engenharia, treinamento e recrutamento de mão de obra qualificada	Processo de Adaptação, economia de custos e licenciamento de novas tecnologias	Aprimoramento da qualidade do Produto, Licenciamento e assimilação de novas tecnologias de produtos importados	Monitoramento de Produtividade, aprimoramento da coordenação	Transferência de tecnologia de fornecedores locais, coordenação de projetos
Avançadas	Inovativas e de maior risco (baseado em pesquisas)		Projetos de processos básicos, projeto e compra de equipamentos	Processos internos de inovação, pesquisa básica	Processos Internos de Inovação, Pesquisa Básica		Manutenção de Habilidades, Cooperações em P&D, licenciamento de tecnologia de terceiros

#### Quadro 4: Categorização de Níveis de Competências Tecnológicas.

Fonte: Adaptado de Lall (1992).

Com base neste modelo, Bell e Pavitt (1995) enfatizam as diferenças entre competências básicas de produção e competências inovadoras, propondo um modelo composto por seis funções técnicas, exposto a seguir.

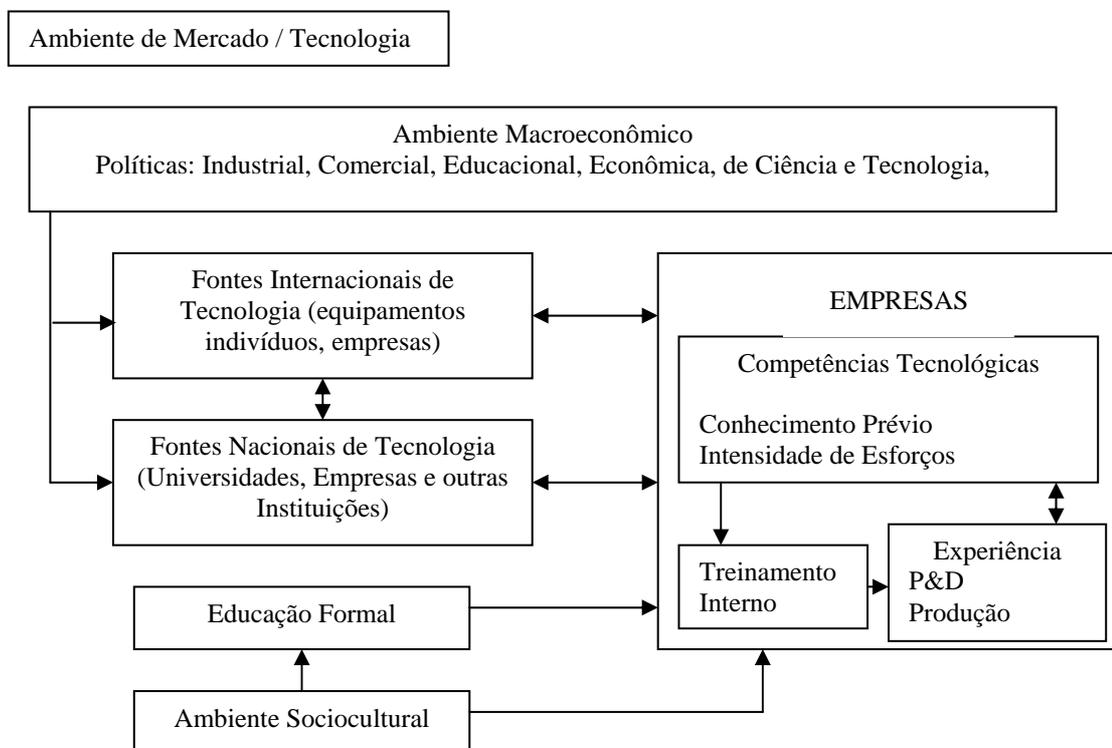
Competências Tecnológicas Industriais : Um modelo Ilustrativo						
	Atividades Primárias				Atividades de Suporte	
	Investimentos		Produção			
	Tomada de Decisão e Controle de Plantas produtivas	Preparação e Implementação de Projetos	Organização do Processo e Produção	Centrado no Produto	Desenvolvimento de Interações	Fornecimento de Bens de Capital
Competências básicas de produção	Garantias e desembolsos financeiros	Preparação para o início do projeto	Rotina de operação e manutenção básica de plantas produtivas	Replicação de especificações e projetos	Aquisição de insumos disponíveis junto aos fornecedores existentes	Replicação de itens constantes em plantas produtivas e máquinas.
Competências para utilizar técnicas de produção existentes	Oficializar cerimônia de abertura	Estabelecer Planta Produtiva	Melhorias de eficiência baseadas em experiências anteriores	Sistematizar o controle de qualidade para manter os padrões e especificações existentes	Venda de produtos para clientes novos e atuais	
Competências Tecnológicas (possibilitam gerar e gerenciar mudanças técnicas)						
Básicas	Promover monitoramento e controle de estudos de viabilidade  Escolha de fontes de tecnologia e programação de projetos	Estudos de Viabilidade Esboçar Planejamentos Aquisição de equipamentos padrão Engenharia auxiliar simples	Comissionamento e Depuração  Melhoria de Layout, Programação e Manutenção  Pequenas adaptações	Pequenas adaptações às necessidades de mercado  Melhorias incrementais na qualidade do produto	Busca e absorção de novas informações de fornecedores, clientes e instituições locais	Cópia de novos tipos de plantas produtivas e equipamentos  Adaptações simples de projetos e especificações existentes
Intermediárias	Busca, avaliação e seleção de fontes de tecnologia.  Licitações e negociações  Gestão geral do projeto	Atividades de Engenharia Aquisição de Plantas Produtivas Avaliação de Ambiente Gestão e programação de projetos Comissionamento Treinamento e Recrutamento	Melhoria de Processo  Licenciamento de novas tecnologias  Introdução de mudanças organizacionais	Licenciamento de novas tecnologias de produto e engenharia reversa  Projetos incrementais de novos produtos	Transferência de tecnologia para fornecedores e clientes para aumento de eficiência, qualidade e fontes locais	Engenharia reversa incremental  Projetos originais de plantas produtivas e equipamentos
Avançadas	Desenvolvimento de novos sistemas de produção e componentes	Projeto de processos básicos e atividades de P&D associadas	Inovação de processos e atividades de P&D associadas  Inovação radical na organização	Inovação de produtos e atividades de P&D associadas	Colaboração para desenvolvimento tecnológico	Atividades de P&D voltadas a especificações  Projetos de novas plantas e equipamentos

**Quadro 5:** Níveis de acumulação de Competências Tecnológicas.

Fonte: Bell e Pavitt (1995).

Este modelo se caracteriza por um número maior de níveis de acumulação de competências tecnológicas, bem como pela clara distinção entre competências básicas de produção e competências tecnológicas inovadoras, necessárias para a criação e gerenciamento de mudanças técnicas.

O modelo proposto por Kim (1997, 1998, 2005) a partir de estudos de caso em empresas sul-coreanas de semicondutores e automobilísticas, permitiu a identificação de etapas de desenvolvimento industrial, desde a fase de imitação (marcada pela aquisição de tecnologia), passando pela imitação criativa (referente ao desenvolvimento da capacidade de assimilação) até a inovação propriamente dita. Ao examinar o processo de conversão de conhecimento individual em organizacional, o autor identifica o *learning by doing* como forma de aprendizagem nas etapas iniciais de desenvolvimento, passando por crises geradas internamente na empresa. Essas crises geram um processo de aprendizagem que possibilita a acumulação de competências tecnológicas. A figura seguinte apresenta as fontes de aprendizagem utilizadas por empresas oriundas de países em desenvolvimento.



**Figura 2:** Desenvolvimento industrial baseado em aprendizagem.

Fonte: Kim (2005)

Contudo, a aplicação deste modelo concentra-se no setor industrial, analisando-se, mais especificamente, a função de produção, sem examinar outras funções técnicas como manutenção e investimentos (FIGUEIREDO, 2003). Já os modelos desenvolvidos por Lall (1992) e Bell e Pavitt (1995) proporcionam importante contribuição, pois são aplicados no exame destas funções e estabelecem diferenças entre competências básicas e competências tecnológicas inovadoras.

Entretanto, como ressaltam Dutrénit, Vera-Cruz e Navarro (2003), o emprego destes modelos no estudo de empresas em um determinado período não permite a análise detalhada desta trajetória ao longo do tempo. Portanto, a simples aplicação desta taxonomia não possibilita o exame do tempo necessário para evoluir de um nível de competência tecnológica para outro, além de não revelar retrocessos que possam ter ocorrido.

Um modelo focado no setor industrial foi proposto por Hobday (2000), em seu estudo sobre empresas do setor eletrônico de países do leste e sudeste asiático de industrialização tardia. O modelo de desenvolvimento tecnológico é caracterizado pela sucessão de fases de desenvolvimento desde a operação sob o modelo de *Original Equipment Manufacturing (OEM)*, passando por um sistema *Original Design Manufacturing (ODM)*, até chegar a um sistema *Original Brand Manufacturing (OBM)*. Esta sucessão de etapas caracterizou uma transição tecnológica ocorrida nestas empresas, desde a aprendizagem inicial para operar linhas de montagem de produtos simples e padronizados por meio de licenciamento junto às empresas detentoras da tecnologia, até a competência para elaborar e executar projetos de P&D para novos produtos, capacitando-as para aumentar seu volume de exportações.

Contudo, trata-se de um modelo específico que examina a trajetória de evolução tecnológica de operações de manufatura com foco no mercado de exportação (FIGUEIREDO, 2003). Este modelo, a exemplo das propostas de Kim (1997, 1998, 2005), também possui uma abrangência limitada, devido ao escopo estreito em relação a funções técnicas e a sua aplicação para o estudo de trajetórias de criação e acumulação de competências tecnológicas em empresas prestadoras de serviços públicos.

Outros modelos que abordam indicadores de patentes e atividades de P&D, utilizados para estudos em países desenvolvidos, encontram restrições quando se trata de sua aplicação em países em desenvolvimento (LALL, 1992; BELL; PAVITT, 1995; FIGUEIREDO, 2003, 2005). Entre as principais ressalvas a estas métricas, destacam-se:

- A incidência de laboratórios e de atividades de P&D, bem como a produção de patentes, concentra-se em apenas alguns setores industriais de países desenvolvidos.
- Estas métricas não abordam as iniciativas de imitação, experimentação, assimilação e adoção de produtos e tecnologias e inovações organizacionais, que são pontos fundamentais para a compreensão da trajetória de acumulação de competências tecnológicas em países em desenvolvimento.

Assim, a partir dos modelos desenvolvidos por Lall (1992) e Bell e Pavitt (1995), que distinguem competências tecnológicas rotineiras e inovadoras, Figueiredo (2003) propôs um modelo conceitual e analítico que permite o estudo da trajetória de acumulação de competências tecnológicas e da influência dos processos de aprendizagem nesta trajetória.

### **2.5.2 Estabelecendo um novo Modelo Conceitual e Analítico.**

Este modelo utiliza uma matriz similar à desenvolvida por Bell e Pavitt (1995), relacionando diversos níveis de competências tecnológicas, classificadas como rotineiras ou inovadoras. O modelo proposto pelo autor foi aplicado e testado em diversos estudos (TACLA, 2002; TACLA; FIGUEIREDO, 2003; FIGUEIREDO, 2003, 2007; BUTTENBENDER; ZAMBERLAN; SPARENBERGER, 2003; CASTRO; FIGUEIREDO, 2005; VEDOVELLO; FIGUEIREDO, 2006; ANDRADE; FIGUEIREDO, 2008; GARCIA; FIGUEIREDO, 2009; MIRANDA; FIGUEIREDO, 2010).

Ele é mais abrangente do que os modelos de Kim (1997, 1998, 2005) e Hobday (2000), por contemplar a acumulação de competências tecnológicas em número maior de funções técnicas. Para cada função técnica, considera-se que as empresas acumularam um determinado nível de competência tecnológica quando estão capacitadas a desempenhar uma atividade tecnológica que não podiam realizar anteriormente (FIGUEIREDO, 2003). A aplicação do modelo permite a análise referente à criação, manutenção ou mesmo perda de competências tecnológicas para cada função técnica ao longo de um determinado período. Desta forma, é possível examinar a trajetória das empresas ao longo do tempo, verificando, para cada função técnica, a evolução ou retrocesso em relação aos níveis de competências tecnológicas.

O modelo desenvolvido por Figueiredo (2003) foi inicialmente aplicado em estudo de caso em empresas siderúrgicas brasileiras, como mostra o quadro a seguir.

Competências Tecnológicas em Companhia Siderúrgica de País Emergente: Modelo Ilustrativo					
Níveis de Competências Tecnológicas	Funções Técnicas e Atividades Afins				
	Investimentos		Processos e Organização da Produção	Produtos	Equipamentos
	Decisão e Controle sobre a Planta	Elaboração e Implementação de Projetos			
ROTINEIRA					
1. Básica	Contratar empreiteira principal. Decidir localização da Planta. Garantias e Desemboiso. Termos de Referência.	Elaboração do projeto inicial. Sincronizar as obras de construção e instalação.	Coordenação da Produção rotineira em toda Planta. Absorver a Capacidade projetada da Planta. PCP e CQ básicos.	Replicar aços seguindo especificações aceitas. CQ rotineiro. Suprir mercados exportadores.	Substituição Rotineira de Componentes. Participar nas Instalações e Testes de Desempenho.
2. Renovada	Monitoramento rotineiro ativo das unidades e infra-estrutura da planta existente.	Serviços técnicos rotineiros na Planta nova ou já existente. Engenharia simples de apoio.	Estabilidade do AF e da Aciaria. Maior Coordenação da Planta. Certificação de CQ para processos rotineiros (ISO 9002, QS 9000).	Aprimorar a replicação de aços, seguindo especificações dadas e/ou próprias. Certificação de CQ para processos rotineiros (ISO 9002, QS 9000).	Fabricação e Substituição rotineiras de componentes (por exemplo, cilindro) com certificado internacional (ISO 9002).
3. Extrabásica	Participação ativa no fornecimento de tecnologia com assistência técnica na programação de projetos.	Amplio planejamento de projeto. Estudos de viabilidade técnica com assistência técnica para expansões. Compra de equipamentos padronizados.	Adaptações secundárias e intermitentes nos processos, desestrangulamento e "expansão da capacidade".	Adaptações secundárias nas especificações dadas. Criar padrões próprios para os aços: dimensões, formato, qualidade da superfície e propriedades mecânicas. Estudos sistemáticos das características dos novos aços.	Adaptações secundárias nos equipamentos para ajustá-los à organização da produção local de matérias-primas. Manutenção própria.
			Estudos e sistemática de novos sistemas de controle de processos.		
4. Pré-Intermediária	Monitoramento e Controles parciais de: estudos de viabilidade de expansão; pesquisa, avaliação e seleção de tecnologia e fornecedores	Engenharia de Instalações (civil e elétrica, tubulações, mecânica, metálica, estruturas refratárias e arquitetura). Expansões com assistência técnica. Engenharia detalhada.	"Expansão de capacidade" sistemática. Manipular parâmetros básicos dos processos (por exemplo, redução). Novas técnicas organizacionais (por exemplo, CQQT, ZD, JIT).	Aprimoramento sistemático das especificações dadas. "Engenharia reversa" sistemática. Projetar e desenvolver aços não originais com assistência técnica. Desenvolver especificações próprias. Licenciar tecnologia de novos produtos.	Reforma de equipamento pesado (AF) sem assistência técnica. Engenharia reversa detalhada e básica. Produção de equipamento pesado.
5. Intermediária	Monitoramento, controle e execução integrais de: estudos de viabilidade; pesquisa, avaliação e seleção; financiamento.	Engenharia básica de instalações individuais. Expandir a planta sem assistência técnica. Engenharia de compras (especificações, análise de projetos). Comissionamento da planta. Provisão intermitente de assistência técnica.	Aprimoramento contínuo de processos. Projetar modelos de sistemas dinâmicos automatizados.	Aprimoramento contínuo das especificações próprias. Desenho não-original, desenvolvimento, produção e comercialização de aços complexos e de alto valor, sem assistência técnica. Certificado de desenvolvimento de produtos (ISO 9001). Participação em projetos mundiais (por exemplo Ulsab).	Engenharia contínua, básica e detalhada de equipamentos e produção de instalações individuais. Manutenção preventiva.
			Integração de controle automatizado de processos e PCP. "Expansão da capacidade rotinizada." Sistemas logísticos para entrega JIT.		
6. Médio-alta	Controle integral do esboço e execução do projeto geral. Prestar assistência técnica em negociações e decisões de expansão.	Engenharia básica de toda a planta. Provisão sistemática de assistência técnica em: estudos de viabilidade; engenharia de compras, básica e detalhada; início das atividades da planta. Colaboração com fornecedores em projetos de novas instalações.	Integração de sistemas operacionais automatizados com sistemas de controle organizacionais. Inovação de processos com base em engenharia e pesquisa.	Agregar valor a aços desenvolvidos internamente. Desenho e desenvolvimento de aços não - originais ultracomplexos e de alto valor (por exemplo, aços com ultra-alto/baixo teor de carbono, revestidas ou sanduiches). Participar de projetos de desenho e desenvolvimento de produtos empreendidos por usuários (por exemplo, montadoras). Sistemas complexos de distribuição, JIT.	Engenharia contínua, básica e detalhada de equipamentos e produção de todas as usinas e instalações e/ou componentes para outras indústrias. Assistência Técnica contínua (por exemplo para reforma do AF) e outras companhias.
7. Avançada	Gestão de projetos de primeira classe. Desenvolver novos sistemas de produção via P&D.	Engenharia de primeira classe. Desenho de novos processos e P&D correspondentes.	Produção de primeira classe. Desenho e desenvolvimento de novos processos via Engenharia e P&D.	Desenho e desenvolvimento de aços novos de primeira classe. Desenho do produto original via Engenharia e P&D.	Desenho e produção de equipamentos de primeira classe. P&D para novos equipamentos e componentes.

AF: Alto Forno; JIT: Just in Time; PCP: Planejamento e Controle de Produção; CQ: Controle de Qualidade; CQQT: Controle de Gestão de Qualidade Total; Ulsab: Ultra-light steel auto body; ZD: Zero Defeito.

## Quadro 6: Análise de competências tecnológicas em siderúrgicas.

Fonte: Figueiredo (2003).

O quadro seguinte apresenta algumas adaptações promovidas por estudos posteriores, referentes às funções técnicas e níveis de competência tecnológica, bem como dos tipos de empresas analisadas.

<b>Estudo</b>	<b>Empresas</b>	<b>Funções Técnicas e Níveis de Competência Tecnológica</b>
Tacla (2002); Tacla e Figueiredo (2003)	Kvaerner Pulping do Brasil (bens de capital)	Analisadas quatro funções técnicas (engenharia de sistemas, gestão de projetos, processos e sistemas operacionais e equipamentos de processo) em sete níveis de competências, entre rotineiras e tecnológicas.
Buttenbender, Zamberlan e Sparenberger (2003)	AGCO (indústria de colheitadeiras)	Analisadas três funções técnicas (processos e organização da produção, produtos e equipamentos) em sete níveis de competências, entre rotineiras e tecnológicas.
Castro e Figueiredo (2005)	CSN (siderurgia)	Analisadas três funções técnicas (processos de produção, produtos e equipamentos) em sete níveis de competências, entre rotineiras e tecnológicas.
Vedovello e Figueiredo (2006)	Empresas do setor Eletrônico, Bicicletas e Motocicletas	Analisadas quatro funções técnicas (processos e organização da produção, produtos, gestão de projetos e equipamentos) em sete níveis de competências, entre rotineiras e tecnológicas.
Figueiredo (2007)	Empresas do setor serviços intensivos de conhecimento	Analisadas três funções técnicas (engenharia de software, gestão de projetos, produtos e soluções e ferramentas e processos), analisadas com base em seis níveis de competências, entre rotineiras e tecnológicas.
Andrade e Figueiredo (2008)	Motorola do Brasil	Analisadas quatro funções técnicas (engenharia e processos de software, gestão de projetos, processos e organização da produção de hardware e atividades relacionadas a produtos e soluções em tecnologia).
Garcia e Figueiredo (2009)	Três empresas do setor de papel e celulose.	Analisadas quatro funções técnicas (produtos, gestão de projetos, processos e organização da produção e equipamentos do processo), utilizando seis níveis de competências, entre rotineiras e tecnológicas.
Miranda e Figueiredo (2010)	Oito empresas brasileiras de Softwares	Analisadas três funções técnicas (engenharia de softwares, produtos e processo), utilizando seis níveis de competências, entre rotineiras e tecnológicas.

**Quadro 7:** Estudos com base no modelo de Figueiredo (2003).

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O modelo aplicado inicialmente por Figueiredo (2003) permitiu a análise das diferenças entre siderúrgicas brasileiras, em relação ao tempo e forma de acumulação de competências tecnológicas, bem como a contribuição deste processo no desempenho técnico e operacional dessas empresas. Os estudos posteriores permitiram constatar a viabilidade de aplicação do modelo em diversos setores da economia, bem como sua flexibilidade para o desenvolvimento de estudos de caso com foco em uma ou várias empresas. Também foi usado na análise de empresas do setor de serviços (FIGUEIREDO, 2007; MIRANDA; FIGUEIREDO, 2010).

O modelo agrega importantes contribuições, tanto da LEFT quanto da LEPE. Em relação à LEPE, baseia-se nas matrizes desenvolvidas anteriormente (LALL, 1992; BELL; PAVITT, 1995) que auxiliam na determinação de níveis de competência tecnológica para cada função técnica definida, além de agregar a distinção entre competências tecnológicas rotineiras e inovadoras. O modelo encontra-se alinhado com as definições propostas em estudos da LEFT, como os de Leonard-Barton (1995), a respeito dos quatro componentes da competência tecnológica: sistemas técnico-físicos; sistema organizacional e estratégias gerenciais; mente dos indivíduos; produtos e serviços (FIGUEIREDO, 2005).

Ao identificar os componentes denominados “sistema organizacional e estratégias gerenciais” e “mente dos indivíduos”, bem como ressaltar a importância da dimensão organizacional para o conceito de competências tecnológicas, Figueiredo (2004, 2005) destaca a aprendizagem como um processo fortemente relacionado à geração e acumulação de competências tecnológicas. Desta forma, a aprendizagem abrange dois aspectos: a trajetória de acumulação de competências tecnológicas, que varia em relação ao tempo e direção; e os processos que permitem a conversão do conhecimento técnico acumulado pelos indivíduos em conhecimento da organização (VEDOVELLO; FIGUEIREDO, 2006).

O modelo também se encontra relacionado aos trabalhos de Nonaka e Takeuchi (1997), mais especificamente, ao conceito de “espiral do conhecimento”. Os processos de conversão de aprendizagem individual em aprendizagem organizacional, definidos no quadro a seguir, podem ser classificados em dois grupos distintos: o primeiro grupo está relacionado à aquisição de conhecimentos, concentrando-se no âmbito individual; o segundo grupo refere-se à conversão de conhecimentos, relacionando-se à aprendizagem no nível organizacional.

<b>Processo de Aprendizagem</b>	<b>Descrição do Processo</b>
Aquisição de conhecimentos externos	Possibilita aos indivíduos de uma empresa, a aquisição de conhecimentos tácitos ou codificados provenientes de fontes externas à organização. A troca de experiências com especialistas externos, treinamentos no exterior, assistência técnica junto a profissionais externos são algumas formas de obtenção deste conhecimento.
Aquisição de conhecimentos internos	Permite que os indivíduos obtenham conhecimentos tácitos de fontes internas à empresa. Participações e desenvolvimento de atividades rotineiras e inovadoras, experimentações sistemáticas, atividades junto a centros internos de P&D são algumas formas de obtenção deste conhecimento.
Socialização de conhecimentos	Ocorre quando indivíduos na empresa compartilham seu conhecimento tácito, seja através de rodízios de equipes na realização atividades, trabalho em equipe para solução de problemas, observações e programas de treinamento.
Codificação de conhecimentos	Conversão propriamente dita de conhecimento tácito em explícito, permitindo que o saber seja expresso de forma explícita, simples e acessível, difundindo-se pela organização. Padronizações de métodos de produção e atividades, procedimentos, documentos, registros e treinamentos são algumas formas de promover a codificação de conhecimentos em uma empresa.

**Quadro 8:** Processos de Aprendizagem.

Fonte: Adaptado de Figueiredo (2003).

O modelo propõe a análise dos processos de aprendizagem segundo quatro características, conforme exposto no quadro a seguir.

Principais características dos processos de aprendizagem na empresa de país emergente: modelo ilustrativo.				
PROCESSOS DE APRENDIZAGEM	Variedade	Intensidade	Funcionamento	Interação
	Ausente-presente (limitada-razoável-ampla)	Esporádica-intermitente-contínua	Deficiente-razoável-bom-excelente	Deficiente-razoável-forte
<b>Processos e Mecanismos de aquisição do saber</b>				
Aquisição de saber externo	Ausência/presença de processos para adquirir saber no país ou no exterior (p. ex., importação de saber externo, treinamento no exterior). Variedade ampla pode trazer diferentes saberes para a empresa.	O modo como a empresa utiliza tais processos pode ser contínuo (p. ex., treinamento anual no exterior para engenheiros e operadores), intermitente ou mesmo esporádico (p. ex., suspendendo-se o treinamento no exterior).	O modo como um processo é criado (p. ex., critérios para treinar indivíduos no exterior) e o modo como ele funciona ao longo do tempo podem aumentar ou diminuir a variedade e a intensidade. Sequência: "aprender antes de fazer."	O modo como um processo influencia outros processos de aquisição de saber externo ou interno (treinamento no exterior, "aprendizagem através da prática") e/ou outros processos de conversão do saber.
Aquisição de saber interno	Ausência/presença de processos para adquirir saberes exercendo atividades internas (p. ex., "a extensão da capacidade", experimentação na planta). Podem ser atividades operacionais rotineiras e/ou inovadoras (p. ex., desenvolvimento de produtos)	O modo como a empresa utiliza os diferentes processos de aquisição de saber interno pode influenciar a compreensão que os indivíduos venham a ter dos princípios inerentes à tecnologia.	O modo como um processo é criado (p. ex., centros de pesquisa) e o modo como ele funciona ao longo do tempo afetam a variedade e a intensidade. Sequência: "aprender antes de fazer".	A aquisição de saber interno pode ser induzida pelo processo de aquisição de saber externo (p. ex., melhoramentos na planta induzidos pelo treinamento no exterior). Isso pode desencadear processos de conversão do saber.
<b>Processos e Mecanismos de conversão do saber</b>				
Socialização do Saber	Ausência/presença de diferentes processos pelos quais os indivíduos compartilham seu saber tácito (p. ex., reuniões, solução conjunta de problemas, OJT).	O modo como os processos (p. ex., OJT supervisionado) continuam ao longo dos anos. A intensidade contínua da socialização do saber pode levar à codificação do saber.	O modo como são criados os mecanismos de socialização do saber (p. ex., treinamento interno) e o modo como eles funcionam ao longo do tempo afetam a variedade e a intensidade do processo de conversão do saber.	Reunir diferentes saberes tácitos num sistema viável (p. ex., vinculando saberes). A socialização pode ser influenciada pelos processos de aquisição de saber externo ou interno.
Codificação do Saber	Ausência/presença de diferentes processos e mecanismos para codificar o saber tácito (p. ex., documentação sistemática, seminários internos, etc.)	O modo como os processos (p. ex., padronização de operações) são repetidamente executados. Codificação ausente ou intermitente pode limitar a aprendizagem organizacional.	O modo como é criada a codificação do saber e o modo como ela funciona ao longo do tempo afetam todo o processo de conversão do saber, bem como sua variedade e intensidade.	O modo como a codificação do saber é influenciada pelos processos de aquisição do saber (p. ex., treinamento no exterior) ou por outros processos de socialização do saber (p. ex., formação de equipes)

**Quadro 9:** Características para análise de Processos de Aprendizagem.

Fonte: Figueiredo (2003).

O autor, por sua vez, define estas quatro características da seguinte forma:

- Variedade: refere-se à diversidade de iniciativas relacionadas aos processos de aprendizagem voltados à conversão do conhecimento individual em organizacional.
- Intensidade: refere-se à frequência com a qual se aplicam os processos de aprendizagem ao longo do tempo, objetivando a contínua conversão de aprendizagem individual em organizacional.
- Funcionamento: refere-se ao modo como os processos de aprendizagem ocorrem ao longo do tempo, influenciando diretamente as características variedade e intensidade.
- Interação: compreende o modo como os processos de aprendizagem interagem diretamente entre si.

Desta forma, a grande contribuição deste modelo foi o preenchimento de lacunas existentes nas bases teóricas, tanto dos estudos que compreendem a LEPE quanto a LEFT. Apesar da importância do modelo proposto por Bell e Pavitt (1995), determinando a análise de funções técnicas conforme níveis de competências tecnológicas rotineiras e inovadoras, as contribuições dos estudos referentes à LEFT são extremamente importantes para o exame de aspectos relacionados à aprendizagem tecnológica e conversão de conhecimento individual em organizacional. Além de agregar conceitos existentes nestas duas bases teóricas, por meio de um modelo conceitual para análise da acumulação de competências tecnológicas e influência dos processos de aprendizagem nas empresas, sua utilização para o desenvolvimento de estudos de caso longitudinais consiste em outra contribuição fundamental. A análise da trajetória de acumulação de competências tecnológicas das empresas permite verificar, em longo prazo, a criação, obtenção e até mesmo retrocesso com base em níveis de competência rotineiras e inovadoras.

## **2.6 O segmento metroviário no mundo.**

Esta seção apresenta as principais características do segmento no qual o Metrô de SP está inserido, além dos conceitos básicos relacionados a uma linha de metrô. As redes de metrô consistem em uma parte extremamente importante para o sistema de transporte das grandes metrópoles.

A mobilidade da população é um fator diretamente relacionado ao desenvolvimento sócio econômico, oferecendo condições para o aumento de produtividade e redução de tempo de deslocamento dos usuários. Além disso, o sistema metroviário de transporte contribui de forma expressiva para a redução de acidentes de trânsito, gastos com manutenção e expansão de vias públicas, bem como do consumo de combustíveis provenientes de recursos não renováveis. Contudo, a implantação de uma linha de metrô também traz implicações às grandes metrópoles, como necessidade de desapropriações, alto custo relacionados à sua construção, maiores níveis de ruídos, poluição visual e segregação de regiões nas cidades.

A implantação de um metrô não é recomendada para trechos muito superiores a 15 km de extensão, onde o volume de passageiros é bastante intenso e de comportamento pendular, sendo para este caso, recomendável um modal de transporte baseado em ferrovias suburbanas em detrimento ao emprego do ônibus ou do metrô (JUNQUEIRA FILHO, 1988). Por outro lado, para áreas que demandam uma grande quantidade de viagens, em regiões bem delimitadas e inseridas em um raio em torno de 12 km, o metrô apresenta-se como alternativa mais adequada.

Apesar de apresentar algumas características similares entre algumas redes, a literatura especializada retrata grandes diferenças entre os sistemas metroviários existentes no mundo. Segundo Junqueira Filho (1988), a variedade em relação aos métodos construtivos, técnicas utilizadas, finalidades e características principais tornam a definição de metrô bastante ampla. A denominação do metrô em diferentes idiomas, como por exemplo, *rail rapid transit*, *metropolitan railway*, *subway*, *metro*, *underground*, *tube*, entre outras, retrata esta diversidade. Assim, para o autor, o metrô pode ser definido como um modal de alta capacidade, que dispõe de tecnologias que permitem o transporte de mais de 25.000 passageiros em determinado sentido e horário de pico, ao longo de um trecho bem determinado. Em relação ao atendimento, os metrô podem ser classificados conforme o quadro a seguir.

Tipo	Principais Características
Metrô Urbano Pesado	Refere-se ao metrô "clássico", composto de um sistema elétrico sobre trilhos, com estações próximas e geralmente, subterrâneas ou em elevado. Voltado ao atendimento de demandas homogêneas, de transporte de regiões tipicamente urbanas, pode atingir a um pico de até 80 mil usuários/hora/sentido, operando com intervalos entre trens em torno de 120 segundos. São exemplos, os metrô das cidades do México, Paris e São Paulo.
Metrô Expresso Regional	Voltado ao atendimento de regiões mais afastadas de centros urbanos, porém, que também apresentem altas demandas no horário de pico, em níveis semelhantes ao metrô do tipo pesado. Porém, caracteriza-se por um distanciamento maior entre as estações e apresenta-se em geral como metrô de superfície. São exemplos, o RER da cidade de Paris, o BART da cidade de São Francisco e a linha Vermelha do Metrô de SP.
Metrô Leve	Voltado ao atendimento de menores demandas, em torno de 35 mil usuários/hora/sentido em períodos de pico, engloba desde os antigos bondes até o VAL, da cidade de Lille, totalmente segregado e automatizado.
People Mover	Rede de capacidade muito pequena, em torno de 300 pessoas por composição. Geralmente construído em elevado, para atender demandas específicas, como fluxo de usuários em aeroportos por exemplo.

**Quadro 10:** Classificação de Sistemas Metroviários.

Fonte: Adaptado de ALOUCHE (1991).

A integração do metrô com outros sistemas de transporte é um aspecto fundamental. O crescimento significativo e desordenado das grandes metrópoles, aliado à saturação da capacidade de deslocamento por vias públicas em virtude do aumento da frota automóveis ressaltam os problemas que os governos, em especial de países em desenvolvimento, vêm enfrentando em relação à mobilidade urbana (LABATE; ALOUCHE, 2010). Para tratar o problema, as grandes cidades vêm buscando soluções voltadas à implantação de redes integradas de transporte coletivo, sendo o metrô um elemento central na estruturação destas redes, por sua alta capacidade, rapidez, confiabilidade e conforto. Por tudo isso, o metrô assume um papel estruturador, no que se refere às redes de transporte em massa nas grandes metrópoles mundiais (JUNQUEIRA FILHO, 1988).

### **2.6.1 A evolução do segmento metroviário mundial.**

O primeiro metrô surgiu em 1863, na cidade de Londres, com as locomotivas a vapor que percorriam a linha subterrânea operada pela *Metropolitan Railway*. Seu surgimento abriu caminho para a expansão deste modal em todo o mundo, que apresentou constante evolução tecnológica, principalmente a partir dos anos 80, com o desenvolvimento das áreas de microeletrônica e informática (ALOUCHE, 1991).

Na primeira década do século XX surgiram os metrôs de Paris, Boston, Berlim, Liverpool, Nova Iorque e Filadélfia (ALOUCHE, 1991). A cidade de Buenos Aires foi a primeira na América Latina a implantar uma linha de metrô, em 1913. A partir daí, o segmento viveu uma fase de estagnação em termos de desenvolvimento tecnológico, mais especificamente no período da Segunda Guerra Mundial, quando existiam apenas 17 cidades com linhas de metrô implantadas (ALOUCHE, 1988). Após este período, surgiram os metrôs de Toronto, México, Leningrado, Roterdã, Roma, Tóquio e Montreal, apresentando inovações, tanto de caráter estético em suas estações, quanto em modernização de trens, com novos sistemas de sinalização e subestações que utilizavam semicondutores (ALOUCHE, 1991).

Posteriormente, nos anos 70, foram implantados os metrô de São Paulo e São Francisco, que promoveram o surgimento dos metrô pesados e inovações significativas, como o sistema de tração “*chopper*” e a operação automática de trens, supervisionada pelos computadores de seus centros de controle (ALOUCHE, 1991). A partir da década de 80, houve evoluções tecnológicas significativas no segmento, relacionadas à automação e informatização de metrô, ao desenvolvimento de melhorias no sistema de tração elétrica e à consolidação do motor de corrente alternada como alternativa aos motores movidos a corrente contínua. Em meados daquela década, o crescimento do setor foi extremamente significativo, aumentando para 79, o número de cidades com sistemas de metrô implantados. Nos últimos anos, destaca-se o crescimento explosivo da China neste setor.

A comparação entre sistemas metroviários em todo mundo é uma tarefa difícil. Para Silva (1988), as comparações entre redes de metrô devem considerar diferenças em relação ao contexto, uma vez que cada metrô encontra-se em um ambiente urbano e socio-cultural específico, atendendo a usuários de diferentes perfis e utilizando diferentes tecnologias.

O surgimento de um programa de *benchmarking* entre as principais redes metroviárias no mundo ocorreu através da União Internacional dos Transportes Públicos – UITP (LABATE; ALOUCHE, 2010). Em 1994, os metrô de Berlim, Hong Kong, Paris, Londres e Nova Iorque constituíram o Grupo dos Cinco, voltados à prática de *benchmarking*. Em 1996, estabeleceu-se um conjunto de critérios para a entrada de novos membros neste grupo:

- Metrô urbanos pesados;
- Atender a uma demanda mínima de 500 milhões de usuários/ano;
- Contemplar um mínimo de três linhas;
- Aceitar compromisso de confidencialidade quanto aos dados;
- Condições para fornecer dados comparativos conforme especificado;
- Abertura para aceitar alterações em relação a estas especificações;
- Aprovação dos membros participantes; e
- Condições de comunicar-se no idioma inglês.

Com a adesão das empresas que operam as redes de metrô de Madri, Cidade do México, Moscou, Beijing, Santiago, São Paulo e Xangai, formou-se a Comunidade de Metrôs (CoMET), programa internacional voltado ao benchmarking coordenado pela *Railway Technology Strategic Center* (RTSC), departamento técnico da Universidade de Londres (CoMET, 2011). Labate e Alouche (2010) destacam a existência de outros grupos com objetivos similares, como a NOVA, que consiste em um grupo de empresas de metrô de menor capacidade de transporte, formado pelas redes das cidades de Barcelona, Buenos Aires, Nova Delhi, Glasgow, Lisboa, Milão, Montreal, Nápoles, Newcastle, Rio de Janeiro, Cingapura, Taipei, Toronto e Sidney. Em relação ao grupo CoMET, é possível observar que as primeiras redes a iniciarem sua operação localizam-se no continente europeu. O quadro a seguir retrata o perfil atual das redes europeias de metrô que integram o CoMET.

Metrô	Característica
Londres	Primeiro metrô do mundo, inaugurado em 1863. Seu surgimento abriu caminho para a expansão deste modal de transporte em todo o mundo. No final do século XIX, o metrô de Londres substituiu o sistema de tração a vapor pelo sistema de tração elétrica.
Paris	Atualmente atende a uma demanda diária de 6 milhões de passageiros, sendo o primeiro considerado como “metrô pesado” a utilizar tecnologia de automação integral, que permite que o trem seja conduzido sem necessidade de operador.
Berlim	Denominado U-Bahn, que é predominantemente subterrâneo e associado ao sistema ferroviário da cidade, conhecido como S-Bahn. Mesmo na época da construção e existência do muro de Berlim, este metrô percorria o trajeto que se estendia tanto do lado ocidental quanto oriental, apesar das restrições na época quanto à passagem de usuários de um lado para o outro. Este período foi marcado por uma defasagem tecnológica do lado oriental, que veio a sofrer um processo de modernização apenas após a década de 80, com a queda do Muro de Berlim.
Moscou	Maior em extensão, dentre as redes europeias do grupo e um dos mais movimentados em todo o mundo, sendo inaugurado por Stalin para demonstrar um avançado patamar de desenvolvimento técnico e arquitetônico e transportando em torno de 2,5 bilhões de passageiros ao ano.

**Quadro 11:** Características dos metrôs europeus do CoMET.

Fonte: Adaptado de Labate e Alouche (2010).

O quadro seguinte apresenta as principais características das redes de metrô asiáticas, que integram o grupo CoMET.

Metrô	Característica
Tóquio	Contemporâneo às redes das cidades europeias apresentadas anteriormente e atendendo uma região metropolitana bastante populosa, o metrô da cidade é o segundo mais movimentado em todo o mundo e é operado por duas empresas sendo uma delas, gerida pelo governo.
Xangai Beijing Hong Kong	O governo vem efetuando grandes investimentos para atender a demanda de urbanização da China, que já conta com metrôs em operação em 13 cidades e está promovendo a implantação de novas redes em outras 15, destacando-se os metrôs de Hong Kong, Xangai e Beijing, por seu patamar tecnológico. O metrô de Beijing caracteriza-se pela alta velocidade e vêm passando por um processo de expansão nos últimos anos, intensificado a partir dos Jogos Olímpicos de 2008. Em Xangai, também está ocorrendo um processo de expansão de forma bem mais rápida, em comparação a países do ocidente. O metrô de Hong Kong, caracterizado por sua eficiência, baixo custo e alto grau de desenvolvimento tecnológico.

**Quadro 12:** Características dos metrôs asiáticos do CoMET.

Fonte: Adaptado de Labate e Alouche (2010).

No continente americano, são integrantes do CoMET, os metrôs de Nova Iorque, México, Santiago e São Paulo. O metrô de Nova Iorque é considerado uma referência em termos de eficiência e consiste na maior rede em extensão, sendo sua inauguração contemporânea à implantação das redes nas grandes metrópoles europeias (LABATE; ALOUCHE, 2010). No México, a rede de metrô transporta uma média de 5 milhões de passageiros/ano, oferecendo a tarifa de menor preço no mundo, graças a subsídio governamental.

O quadro a seguir apresenta a comparação entre os metrôs integrantes do grupo CoMET, acrescidos do metrô do Rio de Janeiro, em relação ao período de 2008 e 2009.

Cidade	População (em milhões)	Início da Operação	Número de Linhas	Extensão (km)	Número de Estações	Passageiros Transportados/ano (em milhões)
Nova Iorque	8,1	1904	22	479,6	424	1.629,1
Londres	7,5	1863	12	438,9	270	1.103,4
Moscú	13,2	1935	12	292,2	161	2.578,9
Madri	3,2	1919	12	274,6	241	689,0
Paris	2,1	1900	14	214,5	300	1.528,5
México	8,6	1969	11	201,4	147	1.467,4
Beijing	17,2	1969	6	200,0	106	713,3
Tóquio	13,0	1927	9	195,1	179	2.322,0
Xangai	17,1	1993	8	174,4	113	744,6
Hong Kong	6,9	1979	10	168,1	80	1.298,9
Berlim	3,4	1902	9	144,2	170	473,1
Santiago	5,5	1975	3	86,2	85	642,6
<b>São Paulo</b>	<b>11,0</b>	<b>1974</b>	<b>4</b>	<b>61,3</b>	<b>55</b>	<b>705,8</b>

**Tabela 1:** Principais metrô do mundo (Dados de 2008 e 2009).

Fonte: Labate e Alouche (2010).

Apesar das diferenças entre as redes em todo o mundo, a implantação e operação de uma linha de metrô apresentam alguns aspectos comuns, destacados na seção seguinte.

### 2.6.2 Aspectos Básicos de uma Linha de Metrô

Para o surgimento de uma linha de metrô, ocorre inicialmente uma fase de concepção e planejamento que abrange diversos estudos em relação à futura linha, culminando na elaboração de um Plano Diretor (BENVENUTO, 1998). O Plano Diretor contempla estudos sobre o traçado da linha e um projeto funcional, composto por análises do solo, infra-estrutura urbana existente, demanda de passageiros, necessidade de desapropriações e definições sobre sistemas operacionais. Com o projeto funcional, define-se a alternativa escolhida em relação às características da futura linha de metrô. O Plano Diretor precede a elaboração do projeto básico, onde são gerados de forma detalhada os desenhos e especificações técnicas.

Vale ressaltar o papel da Pesquisa Origem-Destino para a definição de implantação de uma rede de metrô. Segundo Duarte Júnior (2008), estas pesquisas devem considerar alguns aspectos, como demanda diária de deslocamentos da população, tendências de crescimento populacional, corredores de transportes existentes e em implantação, mudanças no cenário urbano e a disposição de outros sistemas de transporte existentes.

A implantação de uma linha de metrô, baseada na etapa de concepção e planejamento descrita anteriormente, é marcada principalmente pela etapa de construção civil e montagem de equipamentos e sistemas operacionais. As decisões em relação aos métodos construtivos levam em consideração o sistema operacional a ser implantado, aspectos relacionados à topografia e geologia, fatores ambientais e de preservação do patrimônio histórico (METRÔ, 2011). São três, as formas de construção de metrô existentes: superfície, elevado e subterrâneo.

O método construtivo para metrôs subterrâneos apresenta como vantagens a redução da poluição visual, da necessidade de desapropriações e de interrupções de tráfego nas vias, sendo recomendada para locais de alta densidade populacional (METRÔ, 2011). Existem três tipos de métodos construtivos subterrâneos:

- Trincheiras ou Valas a Céu Aberto (VCA) ou *Cut and Cover*;
- Túneis Mineiros ou *New Austrian Tunnelling Method* – NATM; e
- *Tunnel Boring Machines* - TBM.

Destaca-se o método denominado TBM, que se caracteriza pela utilização do equipamento *Shield*, utilizado na escavação dos túneis, cujo emprego traz como vantagens, a rapidez no processo construtivo e melhores condições de segurança para os trabalhadores (DUARTE JÚNIOR, 2008).

A escolha da implantação de linhas de metrô de superfície é recomendada para regiões de baixa ocupação e alta disponibilidade e espaço territorial, de forma a evitar desapropriações em áreas próximas às estações, porém, sua aplicação acarreta em segregação de cidades, devido à disposição da linha e de muros de segurança ao longo de todo seu trajeto (METRÔ, 2011).

Por fim, o terceiro método construtivo refere-se ao metrô em elevado, que pode ser construído mediante estrutura metálica ou a partir de concreto pré-moldado, permitindo a utilização de trens mais silenciosos, leves e menores, bem como tecnologias de ponta em vias permanentes para menor propagação de ruídos, sendo a topografia um dos fatores que podem restringir sua aplicação (METRÔ, 2011).

A implantação de um sistema metroviário contempla, além das obras civis, a escolha do sistema de sinalização e controle de trens. Segundo Timóteo e Guerra (2008), este sistema é responsável pela supervisão e controle da movimentação dos trens ao longo de vias, pátios de estacionamento e manutenção. A seleção e o dimensionamento de um sistema de sinalização e controle representam uma das etapas mais complexas da implantação de uma rede de metrô, envolvendo a definição de diversos parâmetros de operação, como a velocidade comercial, tempo de seqüenciamento, padrões de confiabilidade e disponibilidade (FREITAS; ACCURSO; MATHIAS, 1998).

O sistema de sinalização e controle relaciona-se diretamente com o grau de automação de uma linha de metrô. A *International Electrotechnical Commission (IEC)* estabeleceu uma escala para determinar a automação de uma rede, com base nos elementos que compõem um sistema de sinalização e controle, conforme mostra o quadro a seguir.

Nível de Automação	Tipo de Operação do Trem	Colocação do Trem em Movimento	Frenagem do Trem	Abertura de Portas	Operação em condições de Falha
1	ATP com Condutor.	Condutor	Condutor	Condutor	Condutor
2	ATP e ATO com Condutor.	Automático	Automático	Condutor	Condutor
3	Driveless	Automático	Automático	Atendente de Trem	Atendente de Trem
4	UTO	Automático	Automático	Automático	Automático

**Quadro 13:** Escala de Automação - *International Electrotechnical Commission (IEC)*.

Fonte: Adaptado de Freitas e Secall (2009).

As inovações tecnológicas nesta área convergem para o *Unattended Train Operation (UTO)*, onde a operação do trem ocorre de forma totalmente automática. Em conjunto com esta tecnologia, desde o início do século XXI, uma nova tecnologia em termos de sistema de sinalização vem sendo desenvolvida e incorporada em vários sistemas metroviários no mundo: o *Communication Based Train Control (CBTC)*.

O CBTC consiste em um sistema que permite controlar a movimentação dos trens com base na comunicação contínua e bi-direcional entre a composição e a via em tempo real ao longo de toda a linha (TIMÓTEO; GUERRA, 2008). A maior capacidade de comunicação deste sistema em relação à tecnologia existente oferece maior precisão na localização dos trens ao longo da via, permitindo que operem a uma distância menor entre si. Ao contrário da tecnologia de sistemas de sinalização e controle existente, a operação com o CBTC não necessita de circuitos instalados ao longo da via. A tecnologia CBTC vem sendo empregada em projetos de novas linhas e na modernização de redes metroviárias existentes no mundo, como no caso dos metrô de Nova Iorque, Paris, Hong Kong, Londres e Beijing, entre outros (TIMÓTEO, 2009).

Os trens compõem o material rodante de uma rede de metrô. Durante décadas circularam diversos modelos de trens construídos em madeira, sendo que alguns permaneceram em funcionamento até meados da década de 70, como é o caso do metrô de Paris (ALOUICHE, 1991). No final da década de 80, as tendências de desenvolvimento tecnológico em material rodante já podiam ser observadas. Apesar da ausência de um consenso quanto à padronização de dimensões dos trens, a orientação dos avanços tecnológicos voltava-se à maximização de capacidade de transporte dos trens, utilização de alumínio como material para sua fabricação, melhorias em suspensão e design dos carros para oferecer maior conforto ao usuário, além da operação com automatismo integral (ALOUICHE, 1988). O trecho da linha de metrô por onde percorre o material rodante é composto basicamente de aparelhos de mudança de via, dispositivos lubrificadores e trilhos, que compõem a via permanente.

As estações de metrô comportam diversos equipamentos, alguns deles de uso direto pelos usuários, como escadas rolantes e bloqueios eletrônicos. Além disso, abriga a via permanente, composta basicamente pela estrutura de trilhos e as plataformas de embarque. Em relação às plataformas, a última década apresentou como principal inovação, a tecnologia de Portas de Plataforma, cuja implantação está crescendo em todo o segmento metroviário mundial. Cada vez mais carregadas, as redes metroviárias das grandes cidades vêm apresentando grandes aglomerações na região das plataformas de embarque, o que pode acarretar um maior potencial de problemas na operação, como atrasos, queda de objetos nas vias e necessidade de maior interferência do operador na condução dos trens e controle de portas (COSTA, 2009). Países da Ásia e Europa com redes de metrô em suas grandes cidades vêm adotando esta tecnologia, com o objetivo de promover uma melhor organização do fluxo de passageiros, aumentando a segurança e conforto, além de viabilizar a utilização de trens sem condutor, denominados *driveless*.

### **3 METODOLOGIA**

Neste capítulo, são apresentados a abordagem e os métodos de pesquisa definidos para atender aos objetivos propostos, estabelecendo a forma de coleta e análise de dados, através de um modelo adaptado da estrutura conceitual e analítica proposta por Figueiredo (2003). Também são apresentadas as justificativas para as adaptações do modelo daquele autor e os procedimentos empregados na análise dos resultados.

#### **3.1 Tipologia, Níveis e Método de Pesquisa**

A pesquisa teve uma abordagem qualitativa. Este tipo de abordagem permitiu um maior detalhamento do fenômeno estudado, exigindo coleta de dados junto aos atores sociais envolvidos (VIEIRA, 2004). A abordagem qualitativa envolve uma variedade de técnicas como entrevistas, observações de campo ou análise histórica.

Desde 1990, o número de pesquisas qualitativas na área de estudos organizacionais vem aumentando significativamente (MILES; HUBERMAN, 1994). Apesar de uma maior subjetividade em comparação à abordagem quantitativa, os autores ressaltam que pesquisas de abordagem qualitativa também exigem grande rigor científico, tanto em relação às perguntas de pesquisas quanto pela descrição detalhada em relação à coleta de dados, de forma a possibilitar objetividade e replicações.

Uma vez definida a abordagem, é fundamental a escolha do nível de pesquisa para o desenvolvimento da dissertação. Segundo Acevedo e Nohara (2007), podem ser identificados três níveis de pesquisa:

- Exploratório: o objetivo é proporcionar maior compreensão em relação ao fenômeno a ser investigado. Refere-se ao primeiro nível a ser realizado, possibilitando a elaboração de hipóteses para o desenvolvimento de pesquisas posteriores.

- Descritiva: busca a descrição de características de um determinado grupo, de forma a verificar a proporção de determinada população que apresente determinado perfil ou comportamento, bem como verificar relações entre constructos e variáveis relacionadas ao fenômeno estudado.
- Explicativa: o objetivo é explicar razões para a ocorrência de determinado fenômeno da realidade empírica.

O nível de pesquisa exploratório é o mais adequado ao desenvolvimento da dissertação, uma vez que não foram formuladas hipóteses nem verificadas relações entre variáveis. Para o atendimento dos objetivos da pesquisa foi necessário o emprego de um nível de pesquisa que permita esse amplo entendimento do fenômeno a ser investigado. Desta forma, o desenvolvimento da dissertação baseou-se em uma abordagem qualitativa e exploratória.

Após a seleção da abordagem e níveis de pesquisa, definimos o método de pesquisa, optando pelo *estudo de caso*. Este método de pesquisa é aplicável quando o objetivo é a resposta de questões do tipo “como” e “por que”, bem como em situações onde o pesquisador não possui controle sobre os acontecimentos, estudando fenômenos que ocorrem na realidade (YIN, 2005). O método envolve uma estratégia de investigação empírica, que busca verificar fenômenos contemporâneos inseridos em um contexto da vida real.

A aplicação do método do *estudo de caso* é recomendável para promover generalizações analíticas de teorias, ou seja, “generaliza-se um conjunto particular de resultados a alguma teoria mais abrangente” (YIN, 2005, p58). Acevedo e Nohara (2007) explicam que esta generalização analítica não ocorre de forma instantânea e automática, exigindo o desenvolvimento de diversas replicações, de forma que os resultados gerados possam oferecer uma consistente sustentação à determinada teoria.

Para as situações em que é aplicável, o método pode ser desenvolvido com foco em um caso único ou múltiplos casos (CRESWELL, 1998). Os casos escolhidos podem ser definidos como unidades de análise, cuja seleção e definição possibilitam uma investigação empírica de fenômenos pertencentes a determinado contexto (MARTINS, 2006). A unidade de análise, fundamental para manter o foco da pesquisa e a eficiência em relação à coleta de dados, pode ser um indivíduo, uma decisão, uma organização, programas organizacionais, mudanças organizacionais, ou até mesmo a economia de um país (YIN, 2005).

O desenvolvimento de estudos de caso únicos é recomendável para as seguintes situações:

- O caso selecionado é raro;
- O caso é representativo ou específico;
- O caso selecionado é fundamental para o teste de teorias;
- O caso envolve estudo longitudinal, ou seja, a pesquisa exige verificações em momentos distintos ao longo de um período estudado.

Por considerar o estudo de caso como uma ampla estratégia de pesquisa, que compreende todo um procedimento investigativo, desde etapas de planejamento de pesquisa até a coleta e análise de dados, o autor destaca seis fontes para coleta de dados em estudos de caso, recomendando seu uso de forma simultânea: documentos, registros em arquivo, entrevistas, observação direta, observação participante e artefatos físicos.

Com base nas características descritas em relação ao estudo de caso, a escolha do método para atender aos objetivos propostos para a dissertação explica-se pelos seguintes critérios:

- Tipo de pergunta de pesquisa formulado, na forma de “como”, ou seja, com o objetivo de verificar as formas de acumulação de competências tecnológicas no caso estudado e de que modo esta acumulação é influenciada pelos processos de aprendizagem.

- A proposta da pesquisa, relacionada ao estudo detalhado de um fenômeno organizacional, que ocorre em um contexto na vida real.
- As características do método, que abrange todo um procedimento de pesquisa, com etapas de planejamento, coleta e análise de dados, bem como sua aplicação para pesquisas que envolvem verificações longitudinais, ou seja, análise do caso em momentos distintos no tempo.

Portanto, foi desenvolvida uma pesquisa qualitativa e de caráter exploratório, utilizando-se o método do estudo de caso para examinar a trajetória de acumulação de competências tecnológicas no Metrô de SP e a influência promovida pelos processos de aprendizagem.

### **3.2 Seleção do Caso**

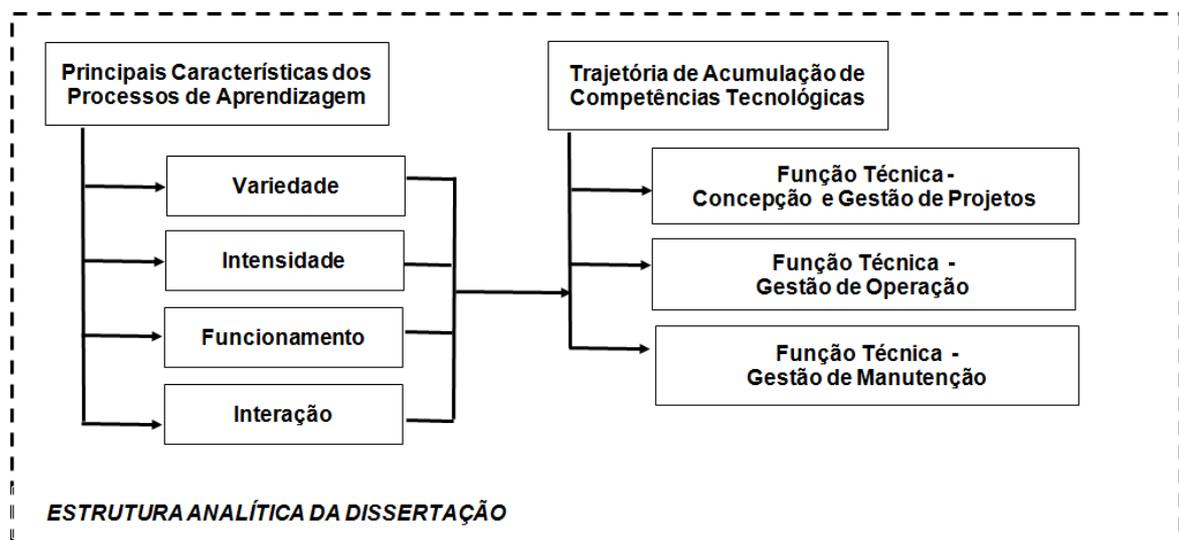
Uma vez definido o estudo de caso único como método de pesquisa selecionado para o desenvolvimento da dissertação, a unidade de análise estudada foi o Metrô de SP. Os critérios de escolha deste caso são descritos a seguir:

- O estudo deveria contemplar empresas que atuam na prestação de serviços públicos, podendo ser seu capital de origem pública ou mista (capital público e privado).
- A empresa selecionada para o estudo de caso deveria ter a data de fundação anterior a 1990, de forma a apresentar histórico com, no mínimo, 20 anos de operação, que é suficiente para a verificação da acumulação de competências tecnológicas e processos de aprendizagem ao longo do tempo.
- A empresa deveria apresentar atividade relevante de desenvolvimento tecnológico desde a sua fundação, com um histórico de expansões em termos de escopo de atendimento e modernizações tecnológicas.

O Metrô de SP atende a estes requisitos, sendo, portanto a empresa selecionada para a pesquisa. O estudo deste caso exigiu o desenvolvimento de análises históricas, por meio de documentos, pesquisas bibliográficas e entrevistas junto a funcionários e ex-funcionários da empresa, com base em uma estrutura conceitual e analítica exposta a seguir.

### 3.3 Seleção do Modelo Conceitual e Analítico.

O modelo conceitual tem como finalidade apresentar e explicar os conceitos-chave, constructos ou variáveis a serem estudados, bem como a forma como se relacionam entre si (MILES; HUBERMAN, 1994). Para o desenvolvimento desta dissertação, não foram definidas variáveis ou constructos, mas sim conceitos-chave e sua estrutura analítica, conforme o modelo conceitual exposto na figura a seguir.



**Figura 3:** Modelo Conceitual.

Fonte: Elaborado pelo Autor, com base em Tacla e Figueiredo (2003).

Com base no modelo conceitual exposto na figura anterior, foram feitas alterações na estrutura conceitual e analítica desenvolvida por Figueiredo (2003), cuja escolha justifica-se por diversos motivos. Primeiramente, conforme já exposto, o aspecto conceitual desta estrutura ressalta a ampla abrangência da definição de “competências tecnológicas”, bem como os esforços e estratégias organizacionais voltados à aprendizagem para a construção e acumulação destas competências nas empresas. Esta estrutura agrega as contribuições em termos de conceito de competências tecnológicas em estudos relacionados à LEPE (LALL, 1992, 2000; BELL; PAVITT, 1995; FIGUEIREDO, 2003) bem como contribuições relacionadas aos processos de aprendizagem, baseados em aquisição e conversão de conhecimentos, expostos em estudos relacionados à LEFT (LEONARD-BARTON, 1992, 1995; NONAKA; TAKEUCHI, 1997). De forma isolada, os modelos propostos nestes estudos não apresentam uma abrangência tão ampla sobre o tema.

Outro fator relevante para a escolha desta estrutura refere-se ao seu aspecto analítico. Estudos anteriores adotaram uma forma de análise descritiva das trajetórias de acumulação de competências tecnológicas e processos de aprendizagem, porém sem uma estruturação analítica que permitisse examinar, de forma mais clara, a influência dos processos de aprendizagem na criação e acumulação de competências tecnológicas nas empresas. O modelo de Figueiredo (2003) conta com um conjunto de tabelas e gráficos conceitualmente inter-relacionados, possibilitando uma análise profunda do papel dos processos de aprendizagem na construção de competências para cada função técnica selecionada. Além disso, destaca-se a flexibilidade na aplicação do modelo em estudos anteriores, abordando tanto empresas do setor industrial quanto de serviços, bem como estudos de caso único ou múltiplo (FIGUEIREDO, 2007; MIRANDA; FIGUEIREDO, 2010).

A estrutura adotada como base para o desenvolvimento desta dissertação foi aplicada em diversos estudos de caso, conforme mencionado anteriormente. Entretanto, no setor de serviços, estes estudos concentraram-se em empresas fabricantes de softwares e serviços intensivos em conhecimento (FIGUEIREDO, 2007; MIRANDA; FIGUEIREDO, 2010).

Nestes trabalhos, a definição das funções técnicas ocorreu com ênfase na engenharia de software, bem como o próprio produto software e serviços relacionados. Contudo, para a análise de uma empresa prestadora de serviços como o Metrô de SP, a definição de funções técnicas organizadas desta forma é insuficiente, uma vez que não abrangeria atividades ricas em termos de acumulação de competências tecnológicas como a operação e manutenção dos trens, estações e equipamentos. Assim, a prestação de serviços de transporte público em grandes metrópoles de forma eficaz e eficiente requer o desempenho de atividades vitais como planejamento, desenvolvimento de projetos de expansão e modernização, gestão da operação e da manutenção. Portanto, as atividades desenvolvidas pelo Metrô de SP apresentam características muito distintas em relação às empresas fabricantes de software e serviços intensivos em conhecimento.

A função relacionada à operação comercial do Metrô de SP consiste em viabilizar, de forma contínua, a prestação de serviços de transporte público de massa, contando com trens, estações, equipamentos e sistemas. Portanto, constata-se uma similaridade com empresas do setor industrial, cuja operação refere-se à função técnica de produção e o escopo envolve manufatura contínua e em larga escala. Além disso, a função técnica de produção também requer o suporte de outras atividades, como manutenção, tecnologia de automação e projetos.

### **3.3.1 Definição da estrutura conceitual e analítica para o estudo de caso**

Com base nestes aspectos, o modelo proposto por Figueiredo (2003) para o estudo de caso junto às empresas siderúrgicas apresenta uma definição de funções técnicas mais adequadas para a construção da estrutura conceitual e analítica desta dissertação. Esta contemplou a definição dos quesitos relativos a cada nível de competência, feita com base nos dados de evolução tecnológica ao longo do tempo no segmento metroviário que, por sua vez, foram obtidos por meio das entrevistas e pesquisa documental e bibliográfica.

Assim, no início das entrevistas, foi apresentado o modelo conceitual em sua proposta inicial, que contemplava as seguintes funções técnicas:

- Função Técnica – Gestão de Operações;
- Função Técnica – Gestão de Equipamentos;
- Função Técnica – Gestão de Projetos;
- Função Técnica – Engenharia de Sistemas.

Contudo, durante as entrevistas, foi destacada a necessidade de adequação deste modelo, através da unificação das funções técnicas *Gestão de Projetos* e *Engenharia de Sistemas*, uma vez que as definições referentes à tecnologia de sistemas ocorrem em projetos de implantação e modernização. Desta forma, foi estabelecida, para o modelo conceitual e analítico, a função técnica *Concepção e Gestão de Projetos*. A função técnica relacionada às atividades de Operação foi mantida, dada sua relevância para a realização da atividade-fim da empresa, caracterizada pela prestação de serviço de transporte de massa.

A função técnica *Gestão de Equipamentos* foi alterada para *Gestão de Manutenção*, ressaltando seu escopo muito mais abrangente, constatado a partir dos dados coletados. Deste modo, esta função técnica contemplou não apenas manutenção em equipamentos, mas também em infra-estrutura e trens, tanto no que se refere aos programas de manutenção preventiva e corretiva, quanto aos desenvolvimentos tecnológicos e participação em projetos.

Desta forma, foram validadas junto aos entrevistados três funções técnicas, expostas a seguir:

- *Concepção e Gestão de Projetos*: envolve a atividade relacionada às etapas de pesquisa e planejamento de projetos de expansão e grandes modernizações da rede metroviária, incluindo a seleção e emprego de métodos construtivos e tecnologias.

- *Gestão da Operação*: atividade relacionada diretamente à prestação do serviço de transporte público, com a operação de linhas da rede metroviária. Ela inclui melhorias incrementais na gestão da operação e participação em projetos de expansão e modernização da rede metroviária, utilizando experiência e conhecimento acumulados;
- *Gestão da Manutenção*: atividade relacionada à realização de manutenções preventivas e corretivas em infra-estrutura, equipamentos e trens, viabilizando a prestação do serviço de transporte dentro dos padrões de desempenho estabelecidos. Considera melhorias incrementais em equipamentos, trens e infra-estrutura, além de participação em projetos de expansão e modernização da rede metroviária, utilizando experiência e conhecimento acumulados.

Estas funções técnicas foram analisadas com base em sete níveis de competências tecnológicas, classificadas em rotineiras e inovadoras. A estrutura conceitual e analítica definida nesta dissertação considera dois níveis de competências rotineiras e cinco níveis de competências tecnológicas inovadoras para análise das funções técnicas *Gestão de Operação* e *Gestão de Manutenção*. A função técnica *Concepção e Gestão de Projetos* também foi analisada por meio de sete níveis de competência tecnológica, porém, considerando os quatro níveis iniciais como competências tecnológicas rotineiras e as demais, classificadas como inovadoras.

O quadro a seguir apresenta as adaptações realizadas em relação ao modelo de Figueiredo (2003) para a construção da estrutura conceitual e analítica utilizada nesta dissertação.

<b>Modelo proposto por Figueiredo (2003)</b>	<b>Estrutura Conceitual e Analítica da Dissertação</b>
<p>Funções técnicas <i>Decisão sobre a Planta e Elaboração e Implementação de Projetos</i>: para estas funções são definidos quatro níveis de competências tecnológicas rotineiras, que se referem à qualificação para elaborar projetos de viabilidade e expansões com assistência técnica externa. Os três níveis posteriores referem-se à capacitação para o desenvolvimento de projetos de forma autônoma e de tecnologias de classe mundial.</p>	<p>Função técnica <i>Concepção e Gestão de Projetos</i>: para esta função foram definidos quatro níveis de competências tecnológicas rotineiras, que envolvem a qualificação para elaboração de pesquisas Origem-Destino, elaboração de estudos de viabilidade e liderança de projetos de expansão com apoio externo. Os níveis de competência inovadora envolvem capacitação para prestar assessoria em projetos de outros metrôs e prospectar sistematicamente novas tecnologias, tornando-se referência mundial na implantação de metrôs pesados de grande porte.</p>
<p>Funções técnicas <i>Processos e Organização da Produção e Produtos</i>: o modelo considera dois níveis de competências tecnológicas rotineiras, que envolvem a capacitação para coordenação da operação em um nível básico. Os demais níveis referem-se a competências inovadoras, que abrangem inovações de forma sistemática, culminando na capacitação para o desenvolvimento de atividades de P&amp;D em um nível de excelência mundial.</p>	<p>Função técnica <i>Gestão da Operação</i>: para esta função, foram definidos dois níveis de competência tecnológica rotineira, que envolvem a capacitação para desempenhar atividades básicas de operação com ou sem necessidade de supervisão externa. Os níveis posteriores envolvem desde a qualificação para o desenvolvimento de inovações incrementais de forma sistemática até a assistência técnica a outros metrôs, atingindo o patamar de referência mundial no desenvolvimento e difusão de novas tecnologias para o segmento.</p>
<p>Função técnica <i>Equipamento</i>: dois níveis de competências tecnológicas rotineiras, abrangendo manutenções corretivas e realização de testes de desempenho. Os níveis posteriores contemplam a capacitação para efetuar manutenções sistemáticas e de maior complexidade técnica e prestar assistência a outras empresas, desenvolvendo atividades de P&amp;D com excelência mundial.</p>	<p>Função técnica <i>Gestão da Manutenção</i>: contempla dois níveis de competências tecnológicas rotineiras, referentes à capacitação para efetuar manutenções corretivas com ou sem supervisão externa e testes de equipamentos. As competências tecnológicas inovadoras abrangem desde a capacitação para elaborar especificações próprias e realizar manutenções preventivas de maior complexidade até a prestação de assessoria a outros metrôs, tornando-se polo difusor de novas tecnologias.</p>

**Quadro 14:** Estrutura de análise com base em Figueiredo (2003).

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Portanto, os quesitos que compõem cada função técnica foram distribuídos ao longo de sete níveis de competência tecnológica, conforme abaixo:

- **Competência Tecnológica Básica:** considerada como nível de competências tecnológicas de rotina. Este nível não permite o desenvolvimento de inovações, considerando a execução das funções técnicas com base em orientação externa.
- **Competência Tecnológica Renovada:** considerada como nível de competências tecnológicas de rotina. Este nível considera a execução das atividades, em cada função técnica, em um grau de complexidade baixo, porém sem necessidade de orientação externa.
- **Competência Tecnológica Extrabásica:** para a função técnica *Concepção e Gestão de Projetos*, trata-se de um nível de competência tecnológica de rotina, contemplando, porém, a capacitação para participação em projetos, sob orientação externa. Para as demais funções técnicas, este nível classifica-se como de competências tecnológicas inovadoras, permitindo realizar pequenas inovações incrementais ou atividades de maior complexidade sob supervisão externa.
- **Competência Tecnológica Pré-Intermediária:** para a função técnica *Concepção e Gestão de Projetos*, trata-se de um nível de competência tecnológica de rotina, contemplando, porém, a capacitação para identificação de novas tecnologias e promoção de alterações em projetos básicos sob coordenação externa. Para as demais funções técnicas, este nível classifica-se como de competências tecnológicas inovadoras, permitindo desenvolver estudos de melhoria, especificações e reformas de componentes e equipamentos, bem como realizar atividades de maior complexidade, como administração de materiais e programas de manutenção preventiva.

- Competência Tecnológica Intermediária: considerada como nível de competências tecnológicas inovadoras. Refere-se à competência para promover melhorias de forma sistemática, permitindo assimilar novas tecnologias e liderar projetos básicos, mesmo contando com apoio externo.
- Competência Tecnológica Médio-Alta: considerada competência tecnológica inovadora. Neste nível, a empresa já atingiu patamar de referência mundial em atividades de operação e manutenção. Refere-se às competências para implantação de melhorias contínuas sistemáticas com base em técnicas padronizadas de gestão organizacional. Também se refere à qualificação para prospecção, identificação e assimilação de novas tecnologias existentes no mercado.
- Competência Avançada: considerada competência tecnológica inovadora. Este nível refere-se à qualificação para prestação de assessoria no planejamento e execução de projeto básico para empresas de alta maturidade tecnológica, bem como a competência para desenvolver inovações não apenas voltadas à melhoria da própria operação, mas para o desenvolvimento de todo o segmento, consistindo assim, em um polo difusor de conhecimento.

Este modelo parte da premissa de que, para que um nível superior de acumulação de competências tecnológicas seja atingido, é necessário o atendimento dos quesitos determinados nos níveis inferiores. Além disso, enquanto os níveis de competência tecnológica básica envolvem o desempenho de atividades inerentes aos sistemas de gestão e operação existentes, os níveis de competência tecnológica inovadora relacionam-se à implantação e gestão de mudanças técnicas em cada uma destas funções. Assim, o quadro a seguir ilustra o modelo aplicado para examinar níveis de acumulação de competências tecnológicas no Metrô de SP.

Níveis de Competência Tecnológica no Metrô de São Paulo			
Níveis de Competências Tecnológicas	Função Técnica - Concepção e Gestão de Projetos	Função Técnica - Gestão da Operação	Função Técnica - Gestão de Manutenção
	<b>Competências Tecnológicas de Rotina</b>		
1. Básica	Competência para desenvolver estudos de viabilidade técnica e econômica do projeto, sob supervisão externa.	Competência para operação básica de uma rede de metrô sob orientação externa.	Competência para realizar manutenções corretivas e reposições rotineiras de componentes e equipamentos, sob orientação externa.
2. Renovada	Competência para desenvolver estudos de viabilidade técnica e econômica do projeto. Competência para elaborar e participar de projetos e especificar sistemas e equipamentos, sob supervisão externa.	Competência para operação básica de uma rede de metrô.	Competência para realizar manutenções corretivas e reposições rotineiras de componentes e equipamentos.  Competência para realizar testes de desempenho em equipamentos.
<b>Competências Tecnológicas Inovadoras</b>			
3. Extrarenovada	Desenvolvimento e execução de Pesquisas Origem-Destino. Competência para identificar e analisar novas tecnologias no segmento.	Competência para desenvolver estudos para melhoria da eficiência na operação e para promover pequenas adaptações e melhorias incrementais na operação.  Competências para promover avanços tecnológicos de maior complexidade, sob supervisão externa.	Competência para elaborar especificações de componentes e equipamentos sob supervisão externa.  Competência para realizar reformas em equipamentos de alta complexidade tecnológica sob supervisão técnica externa.
4. Pré-Intermediária	Competência para elaborar e participar da realização de projetos, especificando sistemas e equipamentos, liderando equipes multidisciplinares e fornecedores, com suporte técnico externo.	Competência para desenvolver estudos para melhoria da eficiência na operação e para promover adaptações e melhorias incrementais na operação.  Competência para desenvolver novas tecnologias em conjunto com outras empresas, apoiando projetos para sua implantação e aplicação na operação existente.	Competência para promover reformas e especificações relacionadas à componentes e equipamentos de média e alta complexidade tecnológica.  Competência em atividades de Administração de Materiais.  Competência para realizar programas de Manutenção Preventiva.
<b>Competências Tecnológicas Inovadoras</b>			
5. Intermediária	Competência para prestação de serviços de assessoria a outras empresas do segmento, no que tange ao planejamento e execução de projetos básicos de metrôs pesados de menor porte.	Competência para prestação de serviços de assessoria a outras empresas do segmento, no que tange a operação de metrôs pesados de menor porte.  Competência para identificar e assimilar novas tecnologias com apoio externo, para implantação ou aplicação na operação existente.	Competência para prestação de serviços de assessoria a outras empresas do segmento, no que tange a manutenção de metrôs pesados de menor porte.  Competência para identificar e assimilar novas tecnologias com apoio externo, para implantação ou aplicação na operação existente.
6. Médio-alta	Competência para promover alterações e inovações incrementais e radicais nos sistemas e equipamentos com base na identificação e assimilação de novas tecnologias.	Competência para desenvolver, implementar e padronizar melhoria contínua de processos e técnicas de gestão organizacional.  Referência mundial em Operação, com padrões de excelência internacionais.	Competência para desenvolver, implementar e padronizar melhoria contínua de processos e técnicas de gestão organizacional.  Referência mundial em Manutenção, com padrões de excelência internacionais.
7. Avançada	Referência mundial em planejamento, com competência para prestação de serviços de assessoria de planejamento e execução de projetos básicos na implementação e expansão de metrôs pesados de grande porte.	Competência para desenvolver, em conjunto com outras empresas, novas tecnologias para o segmento.  Polo mundial de difusão de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e conhecimentos operacionais para o segmento.	Competência para desenvolver, em conjunto com outras empresas, novas tecnologias para o segmento.  Polo mundial de difusão de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e conhecimentos operacionais para o segmento.

**Quadro 15:** Modelo de análise de competências tecnológicas no Metrô de SP.

Fonte: Elaborado pelo Autor, com base em Figueiredo (2003).

Por meio deste modelo, foi possível a análise dos dados coletados e o posicionamento de cada função técnica definida em relação ao nível de competência tecnológica atingido ao longo do tempo. Em seguida, são apresentados os procedimentos utilizados para a coleta dos dados que permitiram esta análise.

### **3.4 Procedimentos de Coleta de Dados**

A pesquisa utilizou algumas das formas de coletas de dados destacadas por Yin (2005) no desenvolvimento de estudos de caso. Inicialmente, foi realizada uma ampla pesquisa documental e bibliográfica, com ênfase na história do Metrô de SP desde sua fundação até o presente, destacando as inovações desenvolvidas e implantadas pela empresa e os processos de aprendizagem utilizados.

A pesquisa bibliográfica e documental abrangeu Relatórios de Administração e Relatórios de Operação da empresa, publicados ao longo de sua história. Além disso, foram pesquisados artigos em revistas especializadas no segmento, publicadas desde 1974. Estas publicações foram obtidas por meio de pesquisas na internet, site da empresa e junto à Biblioteca do Metrô de SP, que contém vasto acervo técnico com projetos, relatórios, revistas sobre a empresa e o segmento.

Além da pesquisa bibliográfica e documental, foram realizadas entrevistas semi-estruturadas com base no roteiro exposto no Apêndice A. Inicialmente, foi realizada uma reunião com a Diretoria de Operação, que abrange as gerências de Manutenção e Operação. Nesta reunião, foram detalhados os objetivos da pesquisa e solicitadas indicações de funcionários para concessão de entrevistas. Para que pudessem ser selecionados para participar das entrevistas, os funcionários deveriam ter no mínimo 20 anos de experiência acumulada em áreas de Projeto, Manutenção ou Operação da empresa, atuando ao longo deste período em cargos considerados estratégicos, como gerência de departamento ou em funções de desenvolvimento de projetos.

Com este perfil, os entrevistados reuniriam condições para relatar suas experiências de participação no desenvolvimento de inovações e em relação aos processos de aprendizagem que vivenciaram ao longo de sua trajetória na empresa. Para a realização de entrevistas semi-estruturadas foram preenchidos os formulários presente no *Apêndice B – Formulário de Autorização* e no *Apêndice C – Formulário de Consentimento Livre e Esclarecido*. Assim, foram entrevistadas cinco pessoas, dentre funcionários e ex- funcionários, cujos perfis são descritos abaixo.

<b>Característica</b>	<b>Perfil dos Entrevistados</b>
Formação Acadêmica.	Entrevistados graduados em engenharia ou física.
Período de ingresso no Metrô de SP.	Quatro entrevistados ingressaram na empresa na década de 70 e o outro ingressou na década de 80.
Áreas de Atuação na empresa e Participação em Projetos	Parte dos entrevistados participou da implantação da Linha Azul, realizando estágios e visitas técnicas em fornecedores internacionais e outros metrôs. Os entrevistados que ingressaram após a implantação desta linha puderam vivenciar a construção e expansão das linhas Vermelha e Verde.
Tempo de atuação na Empresa.	Todos trabalham ou trabalharam por mais de 20 anos na empresa, concentrando sua experiência nas áreas de Operação, Manutenção ou Projetos.

**Quadro 16:** Perfil dos Entrevistados.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

As entrevistas foram realizadas em dois períodos. O primeiro ciclo de entrevistas ocorreu em dezembro de 2010 e abrangeu todos os entrevistados. O objetivo foi coletar os dados relevantes para o tema da pesquisa, com base no roteiro exposto no Apêndice A desta dissertação.

Este roteiro foi elaborado antes da coleta de dados e, aproveitando a flexibilidade do método, sofreu alterações à medida que eram realizadas as entrevistas. Assim, foram buscadas principalmente, as experiências relacionadas aos processos de aprendizagem e a relação com as inovações tecnológicas desenvolvidas e implantadas, como por exemplo, a participação em treinamentos, o desenvolvimento de atividades conjuntas com consultores e profissionais externos, a realização de visitas técnicas e estágios externos que estivessem diretamente relacionadas aos projetos de modernização e expansão. O roteiro ainda contemplou a busca por dados referentes às iniciativas de multiplicação de conhecimento, atividades desenvolvidas por equipes multidisciplinares e a identificação das características-chave relacionadas aos processos de aprendizagem mapeados.

Neste primeiro ciclo de entrevistas, foi validada a adaptação da estrutura conceitual e analítica para aplicação no estudo de caso do Metrô de SP. O segundo ciclo de entrevistas ocorreu em maio de 2011, com o objetivo de apresentar os dados coletados e os resultados da pesquisa conforme a estrutura de análise adotada. Nesta fase, foram feitas apenas algumas correções pontuais e adições nos dados coletados, enriquecendo a análise e discussão dos resultados.

### **3.5 Procedimentos para Análise de Dados.**

A estrutura conceitual e analítica desenvolvida para esta dissertação contempla, além da matriz com os níveis de competências tecnológicas por função técnica, tabelas e gráficos que permitem verificar a influência dos processos de aprendizagem na acumulação destas competências. Estas tabelas e gráficos baseiam-se no modelo proposto por Figueiredo (2003), influenciado pelos conceitos de conversão da aprendizagem individual em organizacional, descritos na espiral de conhecimento de Nonaka e Takeuchi (1997).

Assim, os processos de aprendizagem classificados como *aquisição do conhecimento externo*, *aquisição do conhecimento interno*, *socialização* e *codificação* foram analisados com base em suas quatro características-chave: variedade, interação, intensidade e funcionamento. A *variedade* consiste em uma destas características-chave e foi analisada conforme o quadro a seguir.

<i>Nº de Iniciativas de Aprendizagem</i>	<i>VARIEDADE</i>
Abaixo de 10 iniciativas	Baixa
De 10 a 20 iniciativas	Moderada
Acima de 20 iniciativas	Alta

**Quadro 17:** Análise da *Variedade* dos processos de aprendizagem.

Fonte: Elaborado pelo Autor, adaptado de Figueiredo (2003).

Para a elaboração desta escala de medição da característica-chave, foi considerada a quantidade de iniciativas de aprendizagem observadas no caso estudado. Além disso, em estudos anteriores relacionados ao tema, como aquele desenvolvido por Tacla (2002) e Figueiredo e Tacla (2003), a escala utilizada definia como “alta” variedade, um total de 10 ou mais iniciativas de aprendizagem. Uma vez que o caso estudado coincide com o surgimento de um segmento metroviário nacional, até então inexistente e que exigiu grande ênfase em aprendizagem, definiu-se uma escala onde uma quantidade de 10 iniciativas representa uma variedade considerada apenas como “moderada”, tornando-se “alta” apenas quando ultrapassa a marca de 20 iniciativas.

A análise da característica-chave dos processos de aprendizagem denominada *Interação* foi realizada conforme a estrutura analítica exposta no quadro seguinte.

<i>Nº de Interações entre os Iniciativas de Aprendizagem/ Total de Interações possíveis entre as Iniciativas de Aprendizagem</i>	<i>INTERAÇÃO</i>
Até 0,2	Fraca
Acima de 0,2 até 0,7	Moderada
Maior que 0,7	Forte

**Quadro 18:** Análise da *Interação* dos processos de aprendizagem.

Fonte: Elaborado pelo Autor, adaptado de Figueiredo (2003).

Cada interação é dada pela relação direta entre os processos de aprendizagem identificados no capítulo de Análise de Resultados. Assim, com base na identificação destes processos, foram calculadas todas as interações possíveis e comparadas às interações existentes, possibilitando mensurar o grau de interação entre cada período analisado no estudo de caso. A forma de cálculo das interações e a escala exposta no quadro anterior consistem em uma alternativa em relação aos trabalhos anteriores para estudos desta natureza.

A análise da característica-chave dos processos de aprendizagem denominada *Intensidade* foi realizada conforme a estrutura analítica exposta no quadro a seguir.

<i>Frequência dos Processos de Aprendizagem</i>	<i>INTENSIDADE</i>
Processo raramente aplicado, de forma pontual e bastante esporádica no período analisado.	Baixa
Processo aplicado eventualmente, sem frequência definida no período analisado.	Intermitente
Processo aplicado de forma contínua e sistemática, com frequência definida ou em diversas ocasiões no período realizado.	Contínua

**Quadro 19:** Análise da *Intensidade* dos processos de aprendizagem.

Fonte: Elaborado pelo Autor, adaptado de Figueiredo (2003).

Esta escala foi elaborada com base no estudo de competências tecnológicas desenvolvido por Tacla (2002) e Tacla e Figueiredo (2003), que propôs a análise desta característica-chave da seguinte forma: intensidade “baixa” para iniciativas de aprendizagem que raramente ocorriam; intensidade “intermitente” para iniciativas de aprendizagem realizadas de forma eventual; e intensidade “contínua” para iniciativas de aprendizagem que ocorriam de forma sistemática.

Para o estudo da característica-chave *Funcionamento*, nos processos de aprendizagem, foram considerados os dados coletados e relacionados ao período analisado na pesquisa. A partir da obtenção destes dados, os processos de aprendizagem foram classificados com base nos seguintes conceitos:

<b>Funcionamento Moderado</b>	Processos de aprendizagem pautados por um baixo ou médio grau de eficácia, gerando retrabalhos eventuais e evolução ao longo da curva de aprendizado.
<b>Funcionamento Bom</b>	Processos de aprendizagem de alta eficácia, sem necessidade de retrabalhos, que proporcionam curva de aprendizado mais acentuada.

**Quadro 20:** Análise do *Funcionamento* dos processos de aprendizagem.

Fonte: Elaborado pelo Autor, adaptado de Figueiredo (2003).

A escala elaborada para o estudo desta característica-chave levou em conta a eficácia das iniciativas de aprendizagem. Desta forma, o funcionamento de uma iniciativa de aprendizagem é considerado como “bom” quando apresenta resultados eficazes, sendo realizados por meio de uma sólida base de conhecimento e que dispensam a necessidade de retrabalhos. Para os casos onde a iniciativa teve de ser refeita, envolvendo tais retrabalhos para consolidação da aprendizagem, a característica *Funcionamento* foi classificada como “moderada”.

A análise das quatro características-chave, utilizando os critérios mencionados anteriormente, foi colocada em um quadro, conforme abaixo.

COD.	Iniciativas de Aprendizagem (Período)	PROCESSO DE APRENDIZAGEM	VARIEDADE	INTENSIDADE	FUNCIONAMENTO	INTERAÇÃO																			
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1						1																			
2						1	1																		
3						1	1	1																	
4						1	1	1	1																
5						1	1	1	1	1															
6						1	1	1	1	1	1														
7						1	1	1	1	1	1	1													
8						1	1	1	1	1	1	1	1												
9						1	1	1	1	1	1	1	1	1											
10						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1										
11						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1									
12						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1								
13						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							
14						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
15						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
16						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
17						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
18						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
19						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
20						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				

**Quadro 21:** Análise das quatro características-chave.

Fonte: Elaborado pelo Autor, adaptado de Figueiredo (2003).

Na coluna *código*, foram enumeradas todas as iniciativas de aprendizagem identificadas a partir dos dados coletados. Estas iniciativas foram descritas na coluna *Iniciativas de Aprendizagem*, identificando-se também o período de estudo a que se referem. Em seguida, foram classificadas na coluna *Processos de Aprendizagem* como: aquisição externa, aquisição interna, socialização e codificação.

Nas colunas *Variedade*, *Funcionamento* e *Intensidade*, foram descritas conforme os critérios anteriormente definidos, considerando cada período estudado. As colunas referentes à característica-chave *Interação* apresentam o código de cada iniciativa de aprendizagem identificada. Desta forma, foi feita uma análise de interação de cada par de iniciativas de aprendizagem, registrando-se “1” para casos em que se identificou forte interação e “0” para situações onde não se observou relação direta. Assim, foram elaborados dois quadros como este, sendo cada um referente a um dos períodos selecionados para análise.

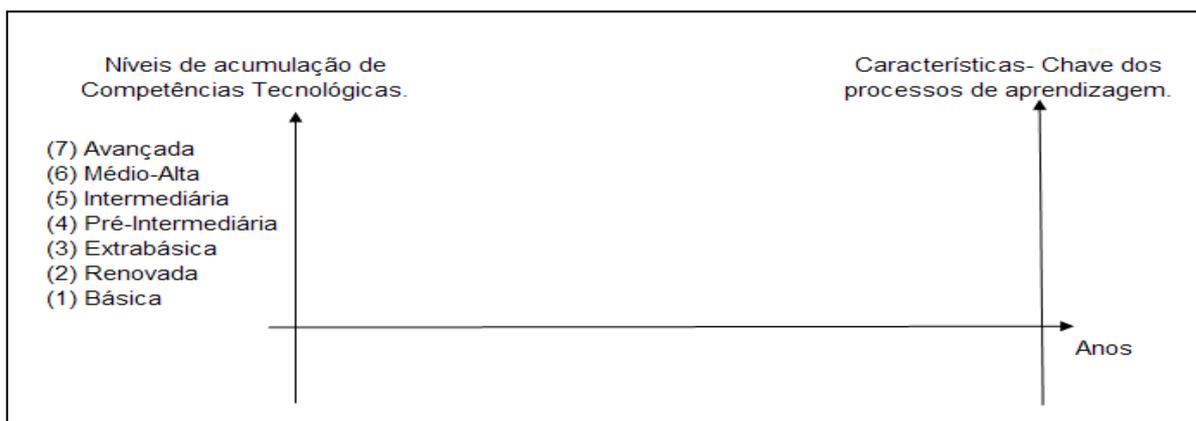
O atendimento de cada nível de competência tecnológica foi mensurado em anos, representando o período de tempo em que o Metrô de SP levou para atingir cada nível em cada função técnica definida. Assim, a obtenção de determinado nível de competência foi caracterizada pelo desenvolvimento e implantação de inovações que atendiam aos quesitos estabelecidos na estrutura conceitual e analítica da dissertação. Esta análise foi demonstrada com base na estrutura exposta no quadro seguinte.

Níveis de Competência Tecnológica	Número de Anos de Acumulação de Competências Tecnológicas no Metrô de SP.		
	Função Técnica - Concepção e Gestão de Projetos	Função Técnica - Gestão da Operação	Função Técnica - Gestão da Manutenção
(1) Básico			
(2) Renovado			
(3) Extrabásico			
(4) Pré-Intermediário			
(5) Intermediário			
(6) Médio-Alto			
(7) Avançado			

**Quadro 22:** Modelo para análise de acumulação de competências.

Fonte: Elaborado pelo Autor, adaptado de Figueiredo (2003).

O quadro a seguir apresenta o modelo gráfico, onde foram traçadas curvas que possibilitaram determinar a trajetória de acumulação de competências tecnológicas para cada função técnica, bem como as características dos processos de aprendizagem em cada período analisado.



**Quadro 23:** Gráfico para análise da acumulação de competências tecnológicas e processos de aprendizagem no Metrô de SP.

Fonte: Adaptado de Figueiredo (2003).

A definição deste procedimento de análise baseou-se nos estudos de Figueiredo (2003). Vale ressaltar, entretanto, que as definições referentes aos períodos analisados levaram em consideração dois momentos bastante distintos da história do Metrô de SP:

- Período de 1968 - 1974: refere-se ao período de pré-operação, que se inicia com a fundação do Metrô de SP e se caracteriza pela transferência tecnológica e por um intenso processo de aprendizagem em tecnologias até então inexistentes no país. O ano de 1974 marca o final deste período, com a implantação da Linha Azul e início da operação comercial do Metrô de SP.
- Período de 1975 – 2010: refere-se ao período de operação comercial do Metrô de SP, caracterizado pela sedimentação da base de conhecimento construída no período anterior, que possibilitou a introdução de uma série de inovações a partir da implantação da Linha Azul.

Em relação à abrangência do estudo de caso, foram coletados dados referentes à implantação e operação comercial das linhas Azul, Vermelha, Verde e Lilás, operadas diretamente pelo Metrô de SP. Vale destacar, na última década, a construção e início da operação da Linha Amarela, viabilizada através de uma PPP–Parceria Público-Privada. A concretização desta parceria ocorreu entre o Metrô de SP e o Consórcio Via Quatro, da empresa CCR. O consórcio é responsável pela compra de trens, sistema de comunicação de voz e dados, sistema de sinalização, bem como pela operação e manutenção do sistema (REVISTA ENGENHARIA, 2009). A implantação desta linha é de suma importância, tanto para o sistema de transporte da região quanto por suas inovações tecnológicas em termos de sistemas, estações e material rodante.

Contudo, como a escolha destes sistemas e a operação desta linha são de responsabilidade do Consórcio Via Quatro, a acumulação de competências tecnológicas e processos de aprendizagem referentes a esta linha não foram detalhados nesta dissertação.

O capítulo seguinte apresenta os resultados a partir das entrevistas e pesquisa bibliográfica e documental. Por conta da alta complexidade e variedade em relação às tecnologias empregadas no Metrô de SP ao longo de sua história, são destacadas apenas as inovações mais significativas e relacionadas aos processos de aprendizagem, de forma a responder à questão de pesquisa proposta nesta dissertação.

## **4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS**

Este capítulo retrata a evolução tecnológica do Metrô de SP ao longo de sua história, permitindo examinar os níveis de competência atingidos e os processos de aprendizagem utilizados em cada período analisado. Inicialmente, são descritas as características básicas da empresa, como infra-estrutura e demanda anual de passageiros. Em seguida, são apresentados eventos históricos que se relacionam com o tema da dissertação. Por fim, descreve-se a trajetória de acumulação competências tecnológicas da empresa em cada função técnica definida, conforme a estrutura conceitual e analítica apresentada anteriormente.

### **4.1 O Metrô de SP.**

Em abril de 2011, o Metrô de SP completou 43 anos, desde sua fundação. Atualmente, opera diretamente quatro linhas de metrô, sendo a Linha Azul, a primeira a ser inaugurada, em 1974. O Metrô de SP é uma empresa vinculada à Secretaria de Transportes Metropolitanos, parte do Governo do Estado de São Paulo, responsável pela implantação da política estadual de transportes urbanos nas regiões metropolitanas, contemplando o sistema metroviário, ferrovias, transporte via ônibus e trólebus (METRÔ, 2011). Além disso, é responsável por organizar e fiscalizar o sistema metropolitano de transportes públicos e sua estrutura viária. Este sistema é composto de dois tipos de modais: transporte sobre pneus e transporte sobre trilhos, na qual se enquadra o Metrô de SP. Em 2009, o Metrô de SP atendeu a uma demanda de 706 milhões de entradas de passageiros em sua rede (METRÔ, 2010a). Para isto, a empresa conta com uma estrutura formada por 58 estações e uma frota de 900 carros, que percorrem 65,3 km de extensão, conforme apresentado na tabela seguinte.

	AZUL	VERDE	VERMELHA	LILÁS	REDE
Início da Operação Comercial	1974	1991	1979	2002	
Estações (*)	23	14	18	6	58
Extensão das Linhas (Km)	20,2	14,7	22	8,4	65,3
Estações de Integração com a CPTM (**)	1	2	4	1	8
Estações com Terminais de Ônibus Urbanos	6	1	10	5	22
Estações com Terminais Rodoviários	2	0	1	0	3
Número de Carros da Frota (***)	348	162	342	48	900
Intervalo mínimo entre Trens (s)	109	137	101	239	
Velocidade Comercial (Km/h)	33	36	41	40	

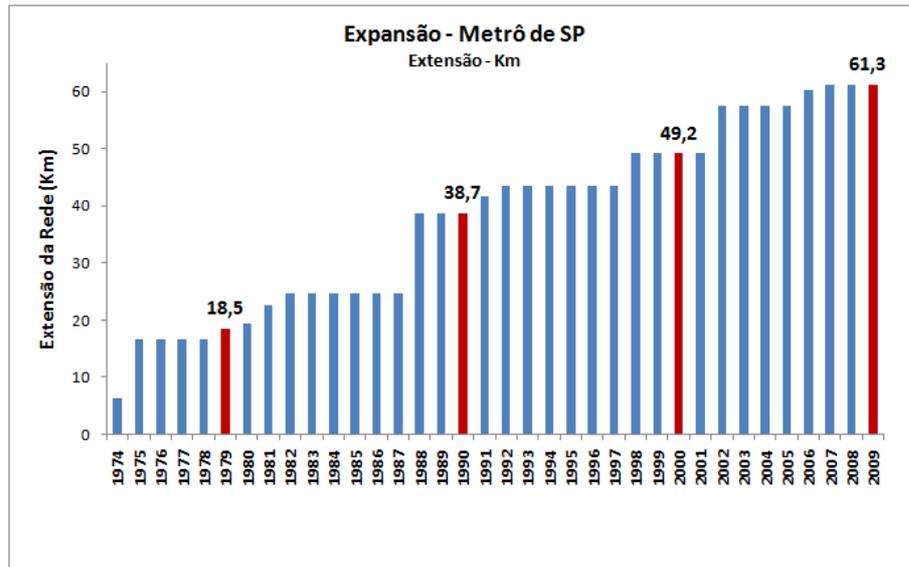
Dados de 31/12/2010  
 (\*) Estações Sê, Paraiso e Ana Rosa computadas nas linhas em que estão localizadas, mas no total foram consideradas apenas uma vez.  
 (\*\*) Inclui integração pela Ponte Orca.  
 (\*\*\*) Cada trem possui formação fixa de seis carros.

**Tabela 2:** Estrutura Física do Metrô de SP até 31/12/2010.

Fonte: Adaptado de Metrô (2011).

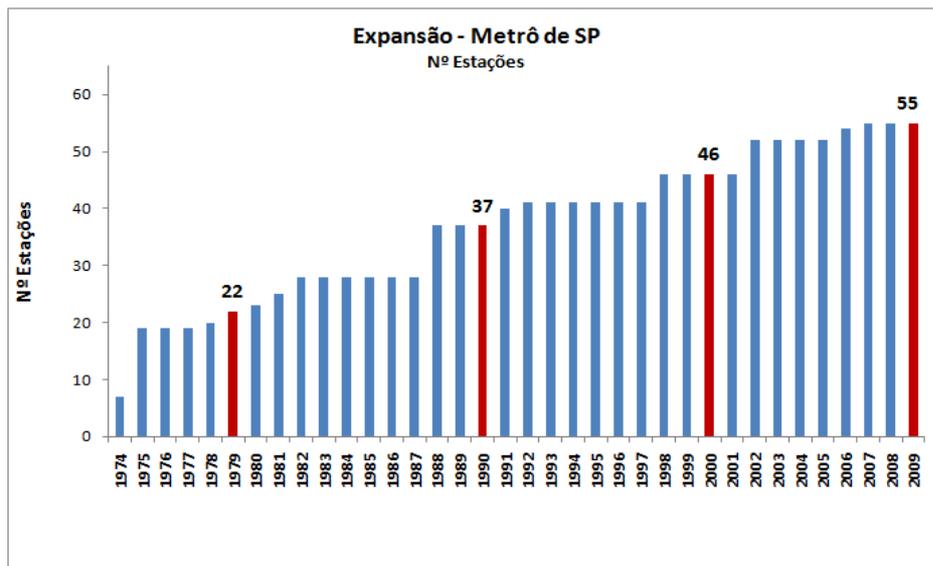
Conforme mencionado anteriormente, além destas linhas, o Metrô de SP ainda firmou uma parceria público-privada com o Consórcio Via Quatro, cuja responsabilidade é a instalação de equipamentos, trens e operação da Linha Amarela (REVISTA ENGENHARIA, 2008). Entretanto, esta linha não foi contemplada no objeto de estudo desta dissertação.

Ao longo de sua história, o Metrô de SP vem promovendo expansões e modernizações em sua rede, objetivando a excelência e eficiência dos serviços de transporte prestados. Em relação à trajetória de evolução do porte da rede, houve um grande salto em extensão e em número de estações ao final dos anos 80, devido à expansão e conclusão da Linha Vermelha. Os gráficos a seguir apresentam a expansão ao longo dos anos.



**Gráfico 1:** Crescimento da rede do Metrô de SP em extensão.

Fonte: Adaptado de Metrô (2011).



**Gráfico 2:** Crescimento da rede do Metrô de SP em número de estações.

Fonte: Adaptado de Metrô (2011).

Nos primeiros vinte anos de existência, ocorreram a construção e início da operação comercial das linhas Azul e Vermelha. Este período foi marcado por intenso processo de aprendizagem e forte iniciativa de nacionalização em relação a equipamentos e componentes previstos nos projetos de implantação e operação da rede. A inovação tecnológica é outro fator presente neste período, uma vez que diversas tecnologias de ponta foram adaptadas e aplicadas na construção de suas linhas.

#### 4.1.1 A estrutura organizacional do Metrô de SP.

Atualmente, a estrutura organizacional do Metrô de SP abrange quatro diretorias subordinadas à presidência da empresa, conforme abaixo:

- Diretoria de Engenharia e Construções;
- Diretoria de Finanças;
- Diretoria de Planejamento e Expansão dos Transportes Metropolitanos; e
- Diretoria de Operações.

A empresa conta atualmente com um total de 8740 funcionários. As áreas de Operação e Manutenção integram a Diretoria de Operações e dispõem de cerca de 80% deste total, como mostra a tabela a seguir.

Área	2010
Operação	4298
Manutenção	2646
Administração	1126
Expansão	470
Financeira	200
<b>Total</b>	<b>8740</b>

**Tabela 3:** Quadro de Funcionários da Empresa em 2010.

Fonte: Adaptado de Metrô (2011).

Em 2010, o quadro de funcionários da empresa apresentou uma média de tempo de serviço de 16,2 anos (METRÔ, 2011). A seguir, é apresentado o quadro de funcionários distribuídos por grau de escolaridade e idade. Com base nestes dados, é possível observar que cerca de metade dos profissionais da empresa possuem mais de 45 anos de idade.

2010		
GRAU DE ESCOLARIDADE	Total de Funcionários	% em relação ao Total
Mestrado/Doutorado	81	1%
Pós-Graduação	381	4%
Superior	2545	29%
Ensino Médio	4875	56%
Ensino Fundamental	760	9%
Ensino Fundamental incompleto	98	1%
<b>Total</b>	<b>8740</b>	<b>100%</b>

2010		
Faixa Etária	Total de Funcionários	% em relação ao Total
Até 25 anos	635	7%
Entre 26 e 35 anos	1412	16%
Entre 36 e 45 anos	2305	26%
Entre 46 e 55 anos	3317	38%
Entre 56 e 65 anos	1031	12%
Acima de 65 anos	40	0%
<b>Total</b>	<b>8740</b>	<b>100%</b>

**Tabela 4:** Quadro de Funcionários distribuídos por idade e escolaridade.

Fonte: Adaptado de Metrô (2011).

Portanto, constata-se que o Metrô de SP conta com um quadro de funcionários bastante experiente. A formação desta sólida base de conhecimento e experiência vem ocorrendo desde a fundação da empresa, quando não existia um segmento metroviário consolidado no país. Assim, a orientação de desenvolvimento tecnológico adotado pelo Metrô de SP e os consequentes processos de aprendizagem foram fundamentais para a construção desta base. Contudo, conforme apontaram os dados coletados, vale destacar que, ao longo dos anos, a empresa vem promovendo treinamentos de forma sistemática, além de empregar esforços contínuos relacionados à codificação de seu conhecimento acumulado, permitindo a transferência deste conhecimento para os funcionários mais novos e menos experientes.

A seguir, são apresentados os dados coletados por meio de entrevistas e pesquisa documental e bibliográfica, segregados em dois períodos distintos da história da empresa: o período entre 1968 e 1974; e o período entre 1975 e 2010.

## 4.2 O período entre 1968 e 1974

O período entre 1968 e 1974 foi marcado pela forte dependência tecnológica e intenso processo de aprendizagem por parte dos funcionários do Metrô de SP. Para a implantação de sua primeira linha, a empresa optou por buscar tecnologias de ponta na época, mesmo com uma carência de mão de obra especializada no país para viabilizar este empreendimento (CARMIGNANI, 1988). Para implantação do metrô, eram necessários profissionais especializados em arquitetura e urbanismo, engenheiros civis para elaboração de projetos de confecção de túneis sob uma região de alta densidade demográfica e engenheiros elétricos e eletrônicos, para implantação de sistemas automáticos de controle de trens e alimentação elétrica (ASSMANN, 1988). Mesmo com uma base de conhecimento de segmento metroviário ainda inexistente, a empresa adotou, desde seu início, uma estratégia pautada na busca por recursos modernos e tecnologia de ponta para a época, acarretando em avanços mundialmente pioneiros.

Uma das principais metas do governo municipal nos anos 60 era a implantação de um transporte rápido de massa, com tecnologia de ponta para oferecer à população, um serviço de transporte com rapidez, conforto, segurança e confiabilidade (CARMIGNANI, 1988). A formação do Grupo Executivo Metropolitano (GEM), em 1966, tinha como objetivo a promoção de estudos para viabilizar o cumprimento desta meta (METRÔ, 2011). O GEM era formado pelo diretor do Instituto de Engenharia de São Paulo e por assessores diretos do prefeito da cidade e coordenou um processo de concorrência para a contratação de um consórcio para elaboração de um projeto básico de uma rede de metrô, além do acompanhamento da implantação deste empreendimento.

Assim, foi contratado o consórcio HMD, constituído pelas empresas alemãs Hotchief e Dconsult e pela empresa brasileira Montreal. Com base na primeira pesquisa Origem-Destino, realizada em 1967, o consórcio identificou os principais corredores da cidade e concebeu o projeto básico da rede de metrô para a cidade de São Paulo, definindo linhas de metrô, localização e tamanho de estações. Uma vez efetuado a contratação do consórcio, o GEM foi extinto, surgindo assim, em 1968, o Metrô de SP, empresa criada para implantar o operar a rede de metrô projetada.

O consórcio HMD contava com engenheiros de diversas especialidades e consistiu em uma das principais fontes de aprendizagem do Metrô de SP no período. A participação deste consórcio na elaboração do projeto básico proporcionou aprendizagem de diversos sistemas operacionais e auxiliares que compõem uma linha de metrô, como sistemas de sinalização e controle, de alimentação elétrica, de ventilação principal, escadas rolantes, entre outros. Além do Metrô de SP, participaram do projeto de implantação deste empreendimento diversas empresas brasileiras de engenharia, permitindo também a consolidação de uma base nacional de conhecimento no setor.

A premissa era obter domínio tecnológico desde a implantação da primeira linha. Desta forma, neste período, ocorreu intenso processo de aprendizagem por parte da empresa e de fornecedores locais, em relação às tecnologias do setor. Alguns países, entretanto, adotaram uma estratégia diferente de implantação e operação de metrôs, baseada na aquisição de projetos prontos, que incluíam as etapas de implantação e até mesmo a operação comercial, dificultando a geração de conhecimento e o desenvolvimento de mudanças técnicas (REVISTA ENGENHARIA, 2009).

Assim, apesar da dependência tecnológica, o Metrô de SP sempre participou ativamente na coordenação do projeto de implantação da linha Azul, nas decisões e estudos de soluções alternativas (ASSMANN, 1988). Para isso, iniciou a formação de equipes, contratando técnicos e engenheiros de diversas especialidades com experiências em outras áreas, como por exemplo, o segmento de aviação, que envolvia conhecimentos de segurança e controle de tráfego.

A tabela a seguir apresenta a formação do quadro de funcionários do Metrô de SP neste período.

Ano	Número de Funcionários
1968	155
1969	371
1970	456
1971	618
1972	942
1973	1403

**Tabela 5:** Quadro de Funcionários do Metrô de SP entre 1968 e 1973.

Fonte: Adaptado de Metrô (1974).

Nesta fase, houve uma participação ativa de consultores externos nas definições técnicas de projeto, métodos construtivos e sistemas, proporcionando assim, a formação e consolidação de uma base de conhecimento técnico e o desenvolvimento da engenharia relacionada ao transporte rápido de massa no Brasil, representada pela equipe técnica do Metrô de SP e os seus fornecedores (METRÔ, 1984).

Os profissionais do Metrô de SP vivenciaram intenso processo de aprendizagem em relação às tecnologias de construção civil. A implantação da Linha Azul exigiu a aquisição de conhecimento em diversos métodos construtivos. A tabela a seguir ilustra tal fato, apresentando a proporção do emprego de cada método construtivo na implantação da Linha Azul.

<i>Método Construtivo</i>	<i>Até 1974</i>
Subterrâneo - VCA	71%
Superfície	0%
Elevado	19%
Subterrâneo - NATM	0%
Subterrâneo - TBM	10%

**Tabela 6:** Proporção de utilização de cada método construtivo no período.

Fonte: Adaptado de Metrô (2011).

Em 1974, com o apoio do consórcio HMD, a empresa conseguiu acumular experiência para especificar, elaborar e coordenar projetos de construção de linhas de metrô subterrâneas e em elevado. Esta experiência consolidou-se não apenas com a implantação do empreendimento em si, mas também com as alterações discutidas com o consórcio e promovidas por sua equipe técnica.

O projeto inicial, proposto pelo consórcio HMD e conhecido como projeto básico, previa a construção de uma rede com 66 km de extensão constituída por quatro linhas de metrô, recomendando a utilização de métodos construtivos conforme o traçado de cada linha (REVISTA ENGENHARIA, 2008). Entretanto, as limitações ao longo do traçado previsto, com a presença de ruas estreitas e construções históricas, levaram a empresa a promover alterações no projeto original, decidindo pelo emprego do método TBM, utilizando, em 1972, o equipamento de escavação denominado "*Shield*". Sua utilização foi um fato até então inédito, tanto no Brasil quanto na América do Sul.

O emprego do equipamento *Shield*, importado dos Estados Unidos e Alemanha, foi uma grande inovação. Ele foi utilizado na escavação de túneis das estações da Linha Azul localizadas na região central da cidade. Para que o equipamento pudesse ser aplicado na construção destas estações, foi necessário refazer toda a fundação do prédio na Rua Boa Vista, local onde se encontra a atual sede do Metrô de SP (REVISTA ENGENHARIA, 2009). Contudo, a tecnologia do *Shield* não foi desenvolvida no país e assim, a transferência tecnológica não se caracterizou pela aquisição ou produção do equipamento, mas sim por sua utilização, ampliando o leque de conhecimentos em relação aos métodos construtivos, suas vantagens e implicações. Assim, a aprendizagem obtida pelo Metrô de SP com a especificação do emprego do *Shield* no projeto e o acompanhamento de seu desempenho na escavação de túneis expandiu a experiência da empresa na elaboração de projetos de implantação de metrôs.

Em relação à transferência de tecnologia neste período, destaca-se a seleção e implantação do sistema de sinalização e controle de trens. Na década de 60, o Metrô de SP optou pela importação desta tecnologia de ponta, utilizada por poucas redes metroviárias na época, como no caso do BART, o metrô de São Francisco (FREITAS; ACCURSO; MATHIAS, 1998). O projeto original, proposto pelo Consórcio HMD, recomendava um sistema baseado em semáforos e bandeirinhas, utilizado na época nos metrôs de São Francisco e Washington. Contudo, os engenheiros do Metrô de SP analisaram e contestaram esta especificação, promovendo iniciativas de prospecção de tecnologias mais modernas, com alterações em relação ao projeto original (METRÔ, 2011). Assim, em 1972, o Metrô de SP firmou contrato com o consórcio formado pelas empresas Welco, EBE e WSIL (Westinghouse Industrial Systems Ltd.) para o fornecimento do sistema de sinalização e controle contemplando assistência técnica por dez anos a partir do início de sua operação (FREITAS; ACCURSO; MATHIAS, 1998).

A transferência desta tecnologia ocorreu de forma eficiente, pois o Metrô de SP não se restringiu apenas à aquisição do sistema, mas enviou também profissionais aos fornecedores que integravam este consórcio, com o objetivo de acompanhar seu desenvolvimento. O sistema foi desenvolvido por uma das empresas do consórcio, a Westinghouse nos EUA, que o forneceu ao Metrô de SP.

O envio de profissionais do Metrô de SP para treinamento, tanto no BART quanto na Westinghouse estabeleceu um processo de aprendizagem pautado no desenvolvimento e no acompanhamento do funcionamento deste sistema. Além disso, possibilitou a aprendizagem necessária à implantação Centro de Controle Operacional (CCO), conceito este inédito no Brasil, inclusive em relação à operação de ferrovias. Conforme apontado nas entrevistas, a aprendizagem obtida pelos profissionais enviados ao exterior possibilitou a codificação de todo o conhecimento sobre esta tecnologia, por meio da elaboração de procedimentos e dos primeiros manuais de operação de metrôs da empresa. O apoio do consórcio HMD na elaboração do projeto de implantação do metrô contribuiu também para identificar o BART como uma referência em termos de tecnologia metroviária.

Entretanto, o projeto elaborado pela HMD também não atribuía ao Metrô de SP o papel de estruturação do transporte municipal, nem previa a integração com outras modalidades de transporte até então existentes (METRÔ, 2011). Assim, para analisar, discutir e revisar projetos, a empresa contou com o apoio de instituições nacionais e estrangeiras, destacando-se a contratação de universidades, como a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), a Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia (FDTE) e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), que promoveram a adaptação do know-how externo às necessidades locais (CARMIGNANI, 1988; METRÔ, 2011). O instituto americano Batelle desenvolveu procedimentos de análise de projetos de metrô com ênfase em segurança e foi contratado pela Westinghouse para prestação deste serviço, enquanto fornecia o sistema ao BART. No Brasil, estes conhecimentos foram assimilados pela USP, por meio da FDTE.

A aprendizagem em relação às atividades de Operação e Manutenção ocorreu com o envio de profissionais do Metrô de SP para realizar estágios e visitas técnicas em fornecedores internacionais e nos metrôs BART e da Cidade do México. Nas entrevistas realizadas, o BART foi apontado como uma referência para a escolha dos sistemas adotados pela empresa, considerados como tecnologia de ponta naquela época. No metrô da Cidade do México, os profissionais brasileiros aprenderam, por meio de treinamentos teóricos e *on the job*, a operar estações, trens, sistemas de alimentação elétrica, além de assimilar diretrizes básicas para atividades de manutenção. A contratação e envio de profissionais para a realização destes estágios e visitas eram processos de aprendizagem diretamente relacionados entre si.

Associada à realização de estágios e visitas, a empresa ainda preocupava-se com a multiplicação do conhecimento obtido por seus técnicos e engenheiros que passaram por esta etapa de aprendizagem. Para viabilizar a estratégia voltada ao domínio de tecnologias do setor, era fundamental o desenvolvimento de equipes de técnicos e engenheiros altamente especializadas, capazes de assimilar novas tecnologias e multiplicar conhecimentos internamente.

Assim, estes profissionais enviados ao exterior tornaram-se os primeiros multiplicadores internos de conhecimento do Metrô de SP, que ocorria basicamente de duas formas:

- Com a preparação de materiais didáticos e realização de treinamentos internos aos demais funcionários da empresa, com ênfase nas tecnologias implantadas;
- Elaboração dos primeiros procedimentos e manuais para a realização de atividades da Operação e Manutenção.

Esta documentação foi elaborada pelos profissionais enviados ao exterior em conjunto com os fornecedores das tecnologias adquiridas pelo Metrô de SP. Estes profissionais encaminhavam esta documentação para análise crítica e aprendizagem dos funcionários que permaneceram no Brasil. Surgiram assim, as primeiras iniciativas de documentar o conhecimento adquirido. Desde o início, o Metrô de SP já se preocupava em padronizar suas atividades para oferecer serviços com excelência operacional.

Assim, em 1974, a empresa iniciou a codificação de conhecimentos sob a forma de procedimentos operacionais. A área de Manutenção, após o início da operação comercial, passou a atuar com base nos procedimentos elaborados em conjunto com o fornecedor.

#### **4.2.1 A nacionalização de projetos, componentes e tecnologias.**

No final da década de 60, o país adotava a estratégia de substituição de importações. A consequente nacionalização de projetos, componentes e tecnologias, adotada pelo Metrô de SP, baseava-se na absorção da tecnologia de ponta utilizada em outros países e sua adaptação para as condições locais, estabelecendo uma base de conhecimento em todos os setores da engenharia nacional (METRÔ, 1984).

A nacionalização gerou oportunidades de crescimento econômico e geração de empregos, proporcionando o surgimento de novas empresas de consultoria em

projetos, bem como centros de pesquisa e indústrias especializadas. Com isto, a engenharia nacional cresceu a um patamar de competitividade equivalente ao de empresas internacionais, no que se refere à implantação de sistemas de transporte público.

A constante busca por tecnologias de ponta incentivou o surgimento de inovações por parte de fornecedores nacionais do Metrô de SP. Além do fornecimento de determinado bem ou serviço, os fornecedores internacionais promoviam a transferência de conhecimento, proporcionando a capacitação de engenheiros e técnicos da empresa, além dos fornecedores locais. Assim, apesar de utilizar alguns componentes importados, o índice de nacionalização relacionado à implantação da Linha Azul chegou a 70%, o que refletia a política de substituição de importações no país (REVISTA ENGENHARIA, 2009).

Assim, a política de substituição de importações no país incentivou de forma intensa a aquisição de tecnologia no mercado nacional, favorecendo o avanço industrial nesta época. Desde o início, o Metrô de SP manteve seu foco na nacionalização. Em relação às atividades de engenharia civil, a empresa já operava praticamente com nacionalização integral ao final da obra (METRÔ, 1985). No setor de material rodante e equipamentos, o avanço tecnológico foi significativo, com a fabricação dos primeiros trens do Metrô de SP no país, fornecidos pela empresa Mafersa, que buscou conhecimento externo para tal empreendimento (REVISTA ENGENHARIA, 2009). Outro exemplo significativo é o fornecimento de motores e freios, respectivamente, pelas empresas Freios Vargas e Brown Boveri neste período. A tabela a seguir destaca os índices de nacionalização mais significativos na implantação da linha Azul.

<b>Tecnologia</b>	<b>% Nacionalização</b>
Obras Civis	98%
Material Rodante	63%
Sistema de Alimentação Elétrica	73%
Sistema de Controle de Trens	73%
Sistemas Auxiliares	73%
Via Permanente	73%
Estudos e Projetos	53%

**Tabela 7:** Índice de Nacionalização na Implantação da linha Azul.

Fonte: Adaptado de Metrô (1984).

Assim, o empreendimento do metrô na cidade de São Paulo exigiu a compra de diversos equipamentos, alavancando a indústria metro-ferroviária e influenciando, inclusive, as decisões posteriores, em termos de tecnologia relativa aos metrôs em outros estados do país. Este período também representou uma grande oportunidade de crescimento profissional aos técnicos e engenheiros, que não possuíam experiência em relação à tecnologia metroviária. Os profissionais do Metrô de SP também desenvolveram processos de aprendizagem baseados em visitas a fornecedores nacionais, por meio do acompanhamento da fabricação de equipamentos e da realização de diversos testes de aceitação, durante sua implantação. Os próprios fornecedores promoviam treinamentos para os profissionais da empresa, no momento de introdução de novas tecnologias. Com esta estratégia, o Metrô de SP mantinha sua estratégia voltada ao domínio de cada tecnologia adquirida, através da capacitação para efetuar manutenções próprias em seus equipamentos.

Em 1974, iniciou-se a operação comercial da Linha Azul, com a inauguração do trecho entre Vila Mariana e Jabaquara, sendo expandida até a estação Santana já no ano seguinte (METRÔ, 2011). Inicialmente denominada linha Norte-Sul, a definição de seu trajeto considerou a ausência até então, de alternativas de transporte coletivo por ferrovia, bem como a necessidade de investimentos em virtude do grande volume de trânsito na região central da cidade. Além de ser um marco tecnológico, a implantação desta linha delineou as decisões em termos de tecnologia para o segmento nacional, permitindo estabelecer uma opção de transporte coletivo considerada como uma das mais velozes e modernas no mundo.

#### **4.2.2 Acumulação de Competências Tecnológicas entre 1968 e 1974.**

Em relação à estrutura conceitual e analítica definida anteriormente, constata-se que, no período entre a fundação da empresa e a implantação da linha Azul, o Metrô de SP promoveu a formação de sua base de conhecimento em tecnologia metroviária, até então, inexistente no país.

Ao final deste período, a empresa já reunia condições para desempenhar atividades de planejamento e gestão de projetos, bem como realizar a operação e manutenção de uma linha de metrô. Conforme o quadro a seguir, ao final deste período, constata-se que o Metrô de SP acumulava competências tecnológicas rotineiras em relação à função técnica *Concepção e Gestão de Projetos*, estando capacitada a planejar e implantar novas linhas de metrô.

Níveis de Competências Tecnológicas	Função Técnica - Concepção e Gestão de Projetos	
	Competências Tecnológicas de Rotina	
<b>1. Básica</b>	Competência para desenvolver estudos de viabilidade técnica e econômica do projeto, sob supervisão externa.	Em 1968, com a fundação e a aprendizagem obtida no período de existência do GEM, o Metrô de SP já possuía qualificação para desenvolver estudos de viabilidade com apoio externo.
<b>2. Renovada</b>	Competência para desenvolver estudos de viabilidade técnica e econômica do projeto. Competência para elaborar e participar de projetos e especificar sistemas e equipamentos, sob supervisão externa.	Com a contratação do Consórcio HMD, o Metrô de SP adquiriu conhecimento para elaborar projetos para a construção de sua rede e participar ativamente em sua implantação. Este nível de acumulação de competências foi atingido também em 1968, com a chegada deste consórcio.
<b>3. Extrarenovada</b>	Desenvolvimento e execução de pesquisas Origem-Destino. Competência para identificar e analisar novas tecnologias no segmento.	As pesquisas Origem e Destino contribuem de forma significativa para o planejamento de futuras linhas. Em 1967, período de existência do GEM, foi realizada a primeira pesquisa deste tipo. Entretanto, a acumulação deste nível de competência ocorreu em 1972, com o fornecimento do sistema de sinalização e controle para a Linha Azul. Além de ser um sistema vital para uma linha de metrô, este fato evidenciou um processo de transferência tecnológica bem sucedido.
<b>4. Pré-Intermediária</b>	Competência para elaborar e participar da realização de projetos, especificando sistemas e equipamentos, liderando equipes multidisciplinares e fornecedores, com suporte técnico externo.	Os índices de nacionalização ao final do projeto de implantação da linha Azul em um patamar de 70% comprovam que esta experiência proporcionou uma capacitação para o desenvolvimento de projetos de implantação de outras linhas.

**Quadro 24:** Competências em Concepção e Gestão de Projetos: entre 1968 e 1974.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Em relação às funções técnicas *Gestão de Operação* e *Gestão Manutenção*, o Metrô de SP conseguiu acumular competências tecnológicas rotineiras ao final do período, encontrando-se apto para operar e realizar manutenções em sua linha. Por aplicar tecnologia de ponta em muitos de seus sistemas, a empresa ampliou sua base de conhecimento em relação a manutenções de maior complexidade. É o caso, por exemplo, do sistema de sinalização e controle adquirido, que envolvia grande complexidade tecnológica na época e o apoio dos fornecedores por meio de assistência técnica.

Níveis de Competências Tecnológicas	Função Técnica - Gestão da Operação	Função Técnica - Gestão de Manutenção	
1. Básica	Competência para operação básica de uma rede de metrô sob orientação externa.	Competência para realizar manutenções corretivas e reposições rotineiras de componentes e equipamentos, sob orientação externa.	Este nível de competências foi atingido com a conclusão da etapa de visitas e estágios em fornecedores e outros metrôs, ou seja, mais especificamente em 1974, com a implantação da Linha Azul.
2. Renovada	Competência para operação básica de uma rede de metrô.	Competência para realizar manutenções corretivas e reposições rotineiras de componentes e equipamentos.  Competência para realizar testes de desempenho em equipamentos.	Até então, os profissionais do Metrô de SP desenvolviam processos de aprendizagem por meio de treinamentos teóricos e práticos em relação às atividades de operação e manutenção. A partir de 1974, a Linha Azul sofreu expansões e sua operação e manutenção já era realizada pelos profissionais do próprio Metrô de SP. Assim, a empresa passou diretamente de uma etapa de treinamentos por meio de estágios e visitas técnicas para a operação comercial de sua linha com autonomia.

**Quadro 25:** Competências em Operação e Manutenção: entre 1968 e 1974.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O foco na absorção de tecnologia proporcionou o incentivo à criação de empresas de projetos e fornecedores nacionais em condições para atender aos requisitos necessários à construção da Linha Vermelha (CARMIGNANI, 1988). Em 1975, o Metrô de SP possuía conhecimento acumulado para a construção desta linha, ao contrário da época referente à implantação da linha Azul (REVISTA ENGENHARIA, 2009).

#### 4.3 O período entre 1975 e 2010

O consórcio HMD manteve seu apoio até o final da implantação da linha Azul, em meados de 1975, proporcionando aprendizagem para projetar e implantar uma segunda linha de metrô. Com esta experiência, a empresa estava capacitada para desenvolver e liderar a execução de projetos básicos, com o apoio de fornecedores locais que também vivenciaram os processos de aprendizagem ocorridos no período anterior. Assim, a partir deste ano, o Metrô de SP já dispunha de conhecimento para elaboração de especificações por parte de sua equipe técnica. A construção da linha Vermelha evidencia este fato, pois foi projetada praticamente na íntegra pela equipe técnica do Metrô de SP.

Em 1975, os esforços da empresa em relação à nacionalização intensificaram-se com a construção desta linha, que empregou basicamente tecnologia nacional nas obras civis e equipamentos (METRÔ, 1985). Assim, seu projeto atingiu um grau de 90% de nacionalização de tecnologias, abrangendo os sistemas de controle de falhas, já fabricados no mercado nacional, e a execução de obras civis e implantação da via permanente integralmente por fornecedores do mercado nacional (METRÔ, 2011). O fornecimento do material rodante atingiu 85% de nacionalização, principalmente com a fabricação de trens especialmente projetados para operação na linha Vermelha, em conjunto com fornecedores locais.

A nacionalização de componentes manteve-se de forma intensa a partir de 1975, como mostra a tabela a seguir (METRÔ, 1991).

Ano	Itens Nacionalizados
1975 e 1976	697
1977	126
1978	155
1979	123
1980	107
1981	55
1982	33
1983	71
1984	45
1985	143
1986	152
1987	164
1988	179
1989	121
1990	60
<b>TOTAL</b>	<b>2231</b>

**Tabela 8:** Volume total de componentes nacionalizados entre 1975 e 1990.

Fonte: Metrô (1991).

A partir do início da operação comercial da linha Azul, intensificou-se a prática de treinamentos internos por instrutores altamente qualificados, com foco em atividades de Operação e Manutenção, sedimentando a base de conhecimento da empresa. O Metrô de SP também promoveu, nesta época, a criação de um programa de estagiários, com o intuito de possibilitar a formação de engenheiros na área de transporte, complementando seu quadro de funcionários (CARMIGNANI, 1988). Conforme destacado nas entrevistas, a empresa já promovia, internamente, tanto treinamentos teóricos quanto de caráter prático, com base no “aprender fazendo”.

Neste tipo de treinamento, os colaboradores acompanham a execução de determinada atividade por profissionais mais experientes e, em uma segunda etapa, o colaborador executa atividades sob o monitoramento e orientação destes profissionais, até que esteja qualificado para desempenhá-la. Além disso, com os avanços tecnológicos ou a ocorrência de novos problemas identificados pela área de Manutenção, os próprios treinamentos são aprimorados.

A experiência do período anterior permitiu que todos os projetos de obras civis fossem desenvolvidos sob a liderança técnica do Metrô de SP, sem necessidade de apoio externo, como no caso do consórcio HMD (GRILLO; CORREA, 1998). Em relação ao projeto original da linha Vermelha, o Metrô de SP optou por uma série de adequações, incluindo a definição por sua construção em superfície e o aproveitamento da estrutura da linha férrea da antiga Rede Ferroviária Federal, proporcionando reduções de custo (METRÔ, 2011). Com estações localizadas em regiões densamente povoadas e de diferentes características, a empresa utilizou, tanto para a linha Azul quanto para a Vermelha, uma combinação de métodos construtivos. A tabela a seguir apresenta a utilização de cada método construtivo no período compreendido entre 1977 e 1987.

<i>Método Construtivo</i>	<i>Até 1974</i>	<i>1977 - 1987</i>
Subterrâneo - VCA	71%	19%
Superfície	0%	62%
Elevado	19%	10%
Subterrâneo - NATM	0%	0%
Subterrâneo - TBM	10%	9%

**Tabela 9:** Proporção de utilização de cada método construtivo até 1987.

Fonte: Adaptado de Metrô (2011).

Estes dados comprovam que, já nesta época, o Metrô possuía domínio tecnológico em relação aos métodos construtivos. Com base neste conhecimento acumulado, os profissionais da empresa inovaram ao especificar a construção da extensão norte da linha Azul, sob o método construtivo subterrâneo denominado *New Austrian Tunnelling Method* (NATM), tecnologia de ponta até então para construção em áreas urbanas (METRÔ, 1985). A aplicação desta tecnologia de construção pelos profissionais do Metrô de SP ocorreu pela primeira vez em 1980 e contribuiu significativamente para a aprendizagem referente às características e problemas inerentes a este método.

Outra inovação em especificação e utilização de novas tecnologias de construção civil envolveu o emprego do *Shield*. Além de efetuar a escavação, o equipamento introduz anéis metálicos ou de concreto para revestir as paredes dos túneis. Por meio da prospecção de novas tecnologias e do conhecimento acumulado na empresa, esta identificou e especificou a utilização de revestimento destes anéis em ferro fundido com uma cinta de vedação de neoprene, em substituição à vedação anterior em chumbo rebatido, apresentando melhores resultados para a estanqueidade da água (GRILLO; CORREA, 1998). Parte destes anéis, ao contrário do ocorrido na implantação da linha Azul, foi obtida no mercado nacional.

A implantação da linha Vermelha dispensou a necessidade de apoio intenso de consultorias internacionais, caracterizando-se por esforços significativos de nacionalização e proporcionando estímulos à criação de empresas na área de sinalização e controle. Como resultado, neste período, o mercado interno já se encontrava preparado para o atendimento das necessidades tecnológicas relacionadas ao funcionamento do metrô (COSTA, 1988).

No início dos anos 80, o sistema de sinalização e controle implantado na linha Azul foi desenvolvido por fornecedores no exterior e se baseava em circuitos colocados ao longo da via, utilizando relês. Conforme apontado nas entrevistas, nesta época, por meio de um grupo formado pelo Metrô de SP, metrô de Paris, universidades UNICAMP e USP, Instituto Batelle e as empresas ESCA e CMW, foi desenvolvida uma nova tecnologia, que substituíu o uso de relês por microprocessamento. Com este desenvolvimento, foi criado o sistema CMT-MUX, considerado o primeiro sistema de segurança de tráfego ferroviário por microprocessamento do mundo. Este sistema foi utilizado na implantação da linha Vermelha, evidenciando um exemplo bem sucedido de transferência tecnológica e do processo de intensificação dos esforços de nacionalização de projetos e tecnologia.

Na época da construção da linha Vermelha, o Metrô de SP também acumulava significativa base de conhecimento em relação às atividades de Operação e Manutenção. Na década de 80, já havia um pátio de manutenção, localizado no bairro do Jabaquara, com instalações para reparo, laboratórios e almoxarifado, além de uma equipe técnica especializada para garantir o alto nível de desempenho operacional (METRÔ, 1984). A formação destas equipes se baseou em treinamentos técnicos promovidos por instrutores internos e o acompanhamento de testes de aceitação de equipamentos (CARMIGNANI, 1988). Com a linha Verde em fase de implantação, foram formadas equipes técnicas de manutenção para a realização de testes de aceitação de equipamentos. Posteriormente, estas equipes foram alocadas em atividades de manutenção preventiva dos equipamentos testados (METRÔ, 1988).

Com as expansões promovidas na linha Vermelha, ocorreu a contratação de novos profissionais, havendo um aumento gradativo do quadro de funcionários da área de Operação e Manutenção, mantendo-se, porém, o alto volume de treinamentos internos. Assim, em 1987, com 4.247 profissionais alocados na Diretoria de Operação, o Metrô de SP promoveu internamente, ações de capacitação a 1.971 profissionais da área, atingindo um volume de treinamentos de 208 mil homens/hora (METRÔ, 1988). Já em 1990, a empresa contava com 5.765 profissionais atuando na Diretoria de Operação, e um volume treinamentos internos em torno de 258 mil homens/hora (METRÔ, 1991). A maior parte destes treinamentos concentrou-se na Gerência de Operações, abrangendo capacitação em atividades de operação de estações e trens.

Com este foco em capacitação, o Metrô de SP buscou constantemente a adoção de inovações tecnológicas, objetivando melhorar seu desempenho operacional. Uma destas inovações refere-se à introdução de um novo trem projetado e construído em conjunto com o fornecedor para tráfego na linha Vermelha, contemplando inovações desenvolvidas com base na experiência acumulada pela empresa (METRÔ, 1985).

Vale destacar também a realização de testes e instalação de um painel de controle específico para o Centro de Controle Operacional (CCO), destinado à operação da linha Vermelha (METRÔ, 1985). A diversidade de equipamentos e tecnologias de ponta empregadas possibilitava uma ampla aprendizagem por parte dos profissionais da área de Manutenção em relação às tecnologias do segmento.

O surgimento de avanços tecnológicos na área de eletrônica possibilitou a implantação de um sistema de sinalização e controle de ponta na linha Vermelha (COSTA, 1988). Nesta época, o material rodante do Metrô de SP já adotava o sistema de tração denominado “*chopper*”, tecnologia que substituiu a comutação mecânica por eletrônica, sendo em grande parte, também viabilizada devido aos avanços na área da eletrônica (ASSMANN, 1988).

Os profissionais da empresa também utilizavam sua base de conhecimento para a realização de experimentos relacionados ao desenvolvimento de novas tecnologias, destacando-se as experiências pioneiras em recuperação de energia (ASSMANN, 1988). As entrevistas ressaltaram também as experiências com regeneração energética, relacionadas ao aproveitamento da energia gerada durante as frenagens dos trens, para a movimentação das composições. Esta tecnologia de regeneração encontra-se em funcionamento desde a Linha Azul. Deste modo, em meados da década de 80, o Metrô de SP já estava qualificado a transferir sua experiência e conhecimento para outras empresas do segmento.

#### **4.3.1 Os intercâmbios tecnológicos em outros metrôs.**

Com uma base sólida de conhecimentos e contando com um segmento metroviário nacional, a empresa não necessitava enviar seus profissionais ao exterior com a mesma intensidade do período anterior, para vivenciar processos de aprendizagem (REVISTA ENGENHARIA, 2009). Com um elevado patamar tecnológico, o Metrô de SP já era reconhecido internacionalmente, difundindo sua experiência e conhecimento para metrôs de outras cidades no país e no exterior através de intercâmbios tecnológicos (METRÔ, 1985).

Assim, após a implantação da Linha Azul, a empresa passou a desempenhar o papel inverso, utilizando sua experiência acumulada para prestar consultoria a outros metrô. A seguir são apresentados os intercâmbios tecnológicos realizados no período.

Local	Característica do Intercâmbio Tecnológico
Caracas (1980 – 1985)	Acordo para apoiar e transferir conhecimento para implantação do metrô de Caracas. O Metrô enviou na época, 22 técnicos da Operação e Manutenção durante 6 meses. Em São Paulo, efetuou treinamento para 91 funcionários do metrô de Caracas por 4 meses.
Bagdá (1985)	O Metrô de SP participou com outras empresas brasileiras do projeto de uma linha de 11 km. A empresa ministrou em São Paulo, treinamento para 30 engenheiros por 3 meses.
Recife, Bahia e Porto Alegre (1983 – 1985)	O Metrô de SP alocou 48 técnicos para prestar assessoria às empresas de metrô destas cidades. Em São Paulo, a empresa efetuou o treinamento de 425 profissionais.
Salvador (1984)	O Metrô de SP desenvolveu projeto básico para uma linha de 9 km na cidade.
Medelín (1995)	O Metrô firmou convênio junto a ENSITRANS (Engenharia de Sistema de Transportes), grupo formado pelos metrô de Lisboa, Barcelona e por uma empresa espanhola de engenharia. Por meio deste convênio, o Metrô de SP enviou 6 técnicos para a Colômbia para ministrar treinamentos com os operadores de trens e supervisores de estação.
Ciudad Guayana (1997)	Também por meio do convênio com a ENSITRANS, o Metrô de SP vem prestando assessoria técnica na elaboração de um plano de transportes para a cidade.
Rio de Janeiro (1997)	O Metrô de SP designou 22 técnicos das áreas de Organização, Operação e Manutenção para prestar assessoria ao metrô da cidade do Rio de Janeiro, promovendo em São Paulo, o treinamento de 45 de seus técnicos.
Brasília (1992)	O metrô de SP vem prestando assessoria e desenvolvendo plano de trabalho para a implantação do Metrô de Brasília. Este intercâmbio envolveu mais de 30.000 homens/hora de consultoria nas áreas de operação, manutenção e organização. Foram treinados em torno de 300 profissionais para compor o quadro de funcionários do Distrito Federal.

**Quadro 26:** Cooperação tecnológica entre o Metrô de SP e outros metrô no mundo.

Fonte: Adaptado de Viégas (1998).

Assim como os profissionais do Metrô de SP haviam passado por um processo de aprendizagem nos metrôs do México e de São Francisco, outras redes de metrô puderam contar com experiência e conhecimento acumulados da empresa anos mais tarde, mediante intercâmbios tecnológicos sob a forma de acordos de cooperação técnica (VIÉGAS, 1988). Na década de 90, o Metrô de SP introduziu diversas inovações em sua rede, utilizando-se de diversos processos de aprendizagem para sustentar seu domínio tecnológico. A linha Verde iniciou sua operação comercial em 1991 e trouxe uma série de inovações em relação às linhas existentes.

#### 4.3.2 Inovações tecnológicas a partir dos anos 90.

Segundo o Metrô (2011), o projeto original da linha Verde ocorreu na década de 70 e sofreu alterações por parte dos profissionais da empresa. Para a construção desta linha, o Metrô de SP possuía domínio sobre as tecnologias aplicadas em sua rede, exigindo o apoio de consultorias apenas para pontos específicos do projeto. Em relação às obras civis, utilizou-se o método construtivo *New Austrian Tunnelling Method* (NATM) para a construção de estações da linha Verde, o que foi considerado uma inovação tecnológica em obras civis no Brasil (GRILLO; CORREA, 1998). No período entre 1987 e 1998, o Metrô de SP consolidou a aprendizagem em relação aos métodos construtivos, utilizando este método na construção das primeiras estações da linha Verde e na extensão norte da linha Azul. A tabela a seguir apresenta a parcela de utilização de cada método construtivo no período.

<i>Método Construtivo</i>	<i>1987 - 1998</i>
Subterrâneo - VCA	17%
Superfície	14%
Elevado	11%
Subterrâneo - NATM	43%
Subterrâneo - TBM	15%

**Tabela 10:** Proporção de utilização de cada método construtivo entre 1987 e 1998.

Fonte: Adaptado de Metrô (2011).

Na construção desta linha também foi aplicado o método construtivo TBM, com o emprego do equipamento *Shield*. Contudo, o emprego deste método apresentou inovações em relação à construção da linha Azul. Um exemplo foi a utilização de anéis segmentados de concreto, não parafusados e comprimidos contra o solo na etapa de montagem do túnel, acarretando maior rapidez nos trabalhos de escavação de túneis (GRILLO; CORREA, 1998).

A implantação desta linha ainda contemplou uma estratégia de maximização da integração entre sistemas, através do emprego de tecnologia de microprocessamento, simplificando controles, centralizando informações e utilizando inteligência artificial para automatização de funções nas áreas de Operação e Manutenção (COSTA, 1988). A construção das linhas Azul e Vermelha baseou-se na implantação de sistemas autônomos e independentes entre si. Contudo, apesar de a linha Vermelha ser concebida com características mais favoráveis à promoção destas interações entre os sistemas, foi apenas com a construção da linha Verde que se levou em conta este aspecto de forma mais significativa. O sistema de sinalização e controle de trens implantado na linha Verde utiliza tecnologia de microprocessamento, em substituição à tecnologia de relês (FREITAS; ACCURSO; MATHIAS; 1998). O desenvolvimento deste sistema ocorreu com a participação de empresas locais, consistindo em um exemplo de transferência tecnológica bem sucedida, conforme mencionado anteriormente.

Ao final dos anos 90, o Metrô de SP iniciou um processo de modernização de seu Centro de Controle Operacional (CCO), sob a liderança técnica de seus profissionais. O CCO era constituído por equipamentos e sistemas para supervisão e controle diário da operação comercial das linhas da rede. O processo de modernização do CCO tinha como objetivo a manutenção do alto grau de controle e a preparação para realização de futuras expansões e melhorias na operação comercial (METRÔ, 2000a). Assim, abrangeu o Sistema de Supervisão e Controle Centralizado (SSCC), o Sistema de Controle de Arrecadação e de Passageiros (SCAP), os sistemas de telecomunicações e infra-estrutura da sala de sistemas e computadores (HARTMANN; GUERRA; BELLI, 1998).

Nesse processo, adotou-se uma concepção diferente de sistemas em relação ao período de implantação das linhas Azul e Vermelha, baseada em processamento distribuído, com equipamentos ligados em rede, tornando mais ágil o tratamento de informações (METRÔ, 2000a).

Em relação ao material rodante, uma inovação bastante significativa introduzida na linha Verde foi o motor de corrente alternada, o que exigiu a capacitação de empresas de consultoria, fornecedores e profissionais do próprio Metrô de SP (COSTA, 1988). A aquisição da frota Millennium para a linha Verde, em 2000, introduziu a tecnologia do freio por microprocessamento. Na via permanente, destaca-se como inovação significativa a implantação do 3º trilho (responsável pela alimentação elétrica para movimentação dos trens), dotado de tecnologia moderna, similar aos metrôs de Cingapura e Londres, com material de alumínio e aço inoxidável, mais leve e de características superiores às linhas com via em aço carbono (METRÔ, 1991).

A construção da Linha Lilás também trouxe inovações para o segmento metroviário. Com o início das obras em 1998, a implantação foi efetuada pela CPTM, com recursos do governo estadual e do Banco Interamericano de Desenvolvimento – BID (METRÔ, 2011). Em 2002, com o início de sua operação, o Metrô de SP assinou um convênio com a CPTM, assumindo a responsabilidade pela operação e manutenção da linha, que contava com um pátio de manutenção em Capão Redondo, para a realização de manobras e manutenções nos trens. Neste pátio, encontra-se o Centro de Controle Operacional CC5, equipado com *workstations* e tecnologia de transmissão de dados e por fibra ótica, é responsável pela regulação da linha, segurança e controle na movimentação dos trens e na alimentação elétrica.

Em 2008, a empresa iniciou a modernização de trens da linha Azul e Vermelha, com apoio de fornecedores nacionais e externos, incluindo modificações de layout e a introdução de outras funcionalidades disponíveis nos trens atualmente fabricados.

Por fim, é importante destacar a prospecção contínua de novas tecnologias, voltadas ao aumento da capacidade de transporte. Nas entrevistas, foi apontada a tecnologia do CBTC e de Portas de Plataforma como exemplos mais significativos. O CBTC atualmente consiste na tecnologia de ponta nesta área, em difusão pelos metrô do mundo. Sua adoção possibilita a diminuição dos intervalos entre trens e, conseqüentemente, das limitações de capacidade de transporte existentes no sistema convencional. Implantada desde 2010, em um novo trecho da linha Verde, a prospecção desta nova tecnologia ocorreu por meio de visitas técnicas a fornecedores e participação em congressos do segmento metroviário, examinando casos de implantação em outras redes de metrô no mundo.

A tecnologia de Portas de Plataformas já se encontra implantada nas novas estações da Linha Verde (REVISTA ENGENHARIA, 2009). Em comparação a outros metrô, o metrô de Paris implantou esta tecnologia apenas em sua linha mais moderna, a Linha 14. Também no metrô de Londres, esta tecnologia só se encontra presente em uma linha. No caso do Metrô de SP, as Portas de Plataforma não são fabricadas no país, porém seu fornecimento é feito por uma empresa nacional, a Trends Tecnologia, que estabeleceu um consórcio com empresas coreanas para transferir esta tecnologia ao Brasil.

A base de conhecimento acumulada no Metrô de SP foi fundamental para o desenvolvimento e introdução de inovações no período analisado. Em alguns casos, evidenciaram-se processos bem sucedidos de transferência tecnológica, fundamentados na experiência acumulada da empresa e sua ênfase em aprendizagem. Em outros casos, a empresa não participou do desenvolvimento de novas tecnologias, como os avanços no equipamento *Shield*, na aquisição e modernização de novos trens e na introdução do CBTC. Contudo, por priorizar processos de aprendizagem e buscar a formação de equipes altamente capacitadas, a empresa dispunha de conhecimento suficiente para prospectar, especificar e assimilar estes avanços em sua rede.

A seguir, são expostos os processos de aprendizagem identificados a partir da década de 90, que sustentaram o desenvolvimento e introdução das inovações anteriormente mencionadas.

#### **4.3.3 Os processos de aprendizagem a partir dos anos 90.**

Para sustentar os índices de excelência operacional e aprimorar a sistemática de melhoria contínua, o Metrô de SP iniciou, em 1992, a implantação de um programa de gestão baseado no *Total Quality Management*, com o apoio da Fundação Christiano Ottoni (METRÔ, 2010a; METRÔ, 2011). Este esforço contou com a liderança de seu quadro gerencial, apoiado por um grupo de profissionais designados como facilitadores internos.

A introdução de conceitos de Qualidade Total exigiu um aumento na quantidade de treinamentos internos na empresa. Em 1993, o Metrô de SP possuía um quadro total de funcionários com 9.256 profissionais e o volume de treinamentos internos atingiu um patamar de 210 mil homens/hora (METRÔ, 1994). Assim, foram treinados mais de 500 profissionais da área de Operação, abrangendo colaboradores que atuavam nas estações, CCO e segurança, que foram capacitados para aplicar conceitos e ferramentas de gestão de qualidade total em suas atividades (METRÔ, 2011). Nos dois anos seguintes, este programa foi estendido a todo o quadro operativo, contemplando mais de 3000 funcionários. A extensão deste treinamento ocorreu com o apoio de multiplicadores da área de Operação, especialmente capacitados para esta finalidade (METRÔ, 2010a).

O Metrô de SP aplicou conceitos do Prêmio Nacional da Qualidade (PNQ) para conduzir iniciativas de auto-avaliação de seus processos, com o objetivo de identificar e introduzir melhorias em suas atividades (METRÔ, 2010a).

A documentação foi um recurso muito utilizado como processo de aprendizagem. Com o desenvolvimento do Manual de Gestão do Processo, foram elaborados padrões de execução e especificações de insumos (SCAGLIONE, 1998).

Em 1996, os treinamentos referentes ao desenvolvimento gerencial abrangeram um total de 387 profissionais (METRÔ, 1997). Ainda naquele ano, a empresa promoveu treinamentos para aperfeiçoamento de atividades de Operação e Manutenção a 3.181 profissionais. Dois anos depois, o departamento de Recursos Humanos promoveu a realização do 1º Fórum de Tecnologia Instrucional, com o intuito de prospectar e discutir as técnicas mais modernas existentes no mercado relacionadas ao desenvolvimento de programas de treinamento e capacitação, contando com a participação de palestrantes internacionais, especialistas em telemática, em treinamento auto-instrutivo e educação à distância (REVISTA ENGENHARIA, 1998).

Em 2002, a área de Operação finalizou o processo de implantação e certificação do Sistema de Gestão da Qualidade para a Linha Azul, com base na NBR ISO 9001:2000 (METRÔ, 2010a). No ano seguinte, o Sistema de Gestão da Qualidade foi estendido para as demais linhas. Em 2004, os processos relacionados ao Sistema de Gestão da Qualidade baseados nas normas ISO 9000 incluíam atividades de manutenção em material rodante, via permanente e equipamentos fixos, como escadas rolantes, sistemas de sinalização e controle e sistemas de alimentação elétrica de todas as linhas em operação (METRÔ, 2004). Por meio da realização destes treinamentos, a área de Manutenção incorporou os conceitos de Qualidade Total orientando suas atividades através de procedimentos técnicos baseados em normas nacionais e internacionais, bem como especificações técnicas, recomendações de fabricantes e na base de conhecimento da empresa, acumulada ao longo de sua trajetória (REVISTA ENGENHARIA, 2009).

Segundo Scaglione (1998), com base nos conceitos de Qualidade Total, a área implantou as seguintes atividades:

- Sistema de Avaliação e Qualificação de Fornecedores;
- Realização de Auditorias de Qualidade;
- Sistema Integrado de Programação de Serviços de Oficinas;
- Sistema de Controle de Qualidade e Ações Corretivas.
- Sistema de Calibração e Aferição de Instrumentos.

Além dos treinamentos internos, o Metrô de SP promoveu parcerias com instituições de ensino e pesquisa e outras companhias de metrô em todo o mundo. Em 1999, criou a Universidade do Metrô (UNIMETRO), com o intuito de desenvolver programas de formação de especialistas em transporte, em conjunto com instituições de ensino e empresas do segmento (METRÔ, 2000b). Nesse ano, em conjunto com a Fundação Paula Souza, o Metrô de SP liderou a criação de cursos técnicos de transporte e trânsito, contando com o apoio da São Paulo Transportes (SPTrans), Companhia de Engenharia de Tráfego (CET), ANTP e CPTM.

Outra iniciativa importante em relação aos processos de aprendizagem foi a implantação da Intranet corporativa. Em 2001, esta ferramenta consolidou-se definitivamente, passando a ser denominada Metroweb, tornando-se um meio de comunicação de informações para toda a empresa (METRÔ, 2002). Ainda em 2001, foi criado o Programa de Excelência Gerencial – PEG, desenvolvido pela UNIMETRO em parceria com a Fundação Instituto de Administração (FIA). O programa foi responsável pela formação de várias turmas de profissionais do Metrô de SP, atuando em cargos gerenciais e técnicos.

Com o Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), o Metrô de SP estabeleceu um convênio para criação do Curso de Capacitação Técnica em Transporte Metropolitano sobre Trilhos, com o intuito de capacitar seus profissionais no desempenho de funções de supervisão de estações, centro de controle, planejamento de transporte, projetos e pesquisas sobre o segmento (METRÔ, 2002).

Em 2004, a empresa implantou a metodologia denominada Diagnóstico de Necessidades de Treinamento (DNT), com o objetivo de identificar níveis de desempenho e estabelecer prioridades em relação à alocação de investimentos em capacitação (METRÔ, 2004). Naquele ano, o Metrô de SP promoveu um volume total de treinamento em torno de 108 mil homens/hora.

Vale ressaltar ainda a parceria mantida com o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) e o Centro de Integração Empresa Escola (CIEE) nesse período (METRÔ, 2004). Além disso, em 2004, os programas de educação corporativa promovidos pela UNIMETRO em parceria com instituições de ensino priorizaram ações de capacitação voltadas às necessidades técnicas e de projetos estratégicos relacionados às expansões na linha Verde, com destaque para os seguintes cursos:

- Gerenciamento de Transporte e Inovação Tecnológica do setor;
- Pós-Graduação em Tecnologia Metro-ferroviária: realizado em parceria com a CPTM e a Escola Politécnica da USP;
- Técnico em Transporte: ministrado com a Escola Técnica Federal de São Paulo (ETFSP) em conjunto com o Metrô de SP e empresas do setor;
- Canal Conhecimento: envolvendo aulas pela Internet, consistindo em uma ferramenta de educação profissional.

Em 2010, o Metrô de SP promoveu 250 mil horas de treinamento para seus profissionais, sendo a maior parte destinada a atividades que envolviam tecnologia e desenvolvimento (METRÔ, 2011). O foco em capacitação contínua e a introdução de inovações tecnológicas incentivaram o aumento do grau de escolaridade dos profissionais do Metrô de SP, conforme a tabela a seguir.

Número de Funcionários											
GRAU DE ESCOLARIDADE	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Mestrado/Doutorado	37	40	48	45	45	52	59	57	63	78	81
Pós-Graduação	167	180	212	187	184	182	197	299	321	350	381
Superior	1560	1613	1742	1774	1715	1756	1898	1999	2190	2365	2545
Ensino Médio	3789	3903	4440	4340	4263	4265	4411	4143	4345	4608	4875
Ensino Fundamental	1524	1435	1366	1194	1104	988	917	809	791	778	760
Ensino Fundamental incompleto	284	254	240	179	163	151	139	110	103	99	98
<b>Total</b>	<b>7361</b>	<b>7425</b>	<b>8048</b>	<b>7719</b>	<b>7474</b>	<b>7394</b>	<b>7621</b>	<b>7417</b>	<b>7813</b>	<b>8278</b>	<b>8740</b>

GRAU DE ESCOLARIDADE	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Mestrado/Doutorado	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%
Pós-Graduação	2%	2%	3%	2%	2%	2%	3%	4%	4%	4%	4%
Superior	21%	22%	22%	23%	23%	24%	25%	27%	28%	29%	29%
Ensino Médio	51%	53%	55%	56%	57%	58%	58%	56%	56%	56%	56%
Ensino Fundamental	21%	19%	17%	15%	15%	13%	12%	11%	10%	9%	9%
Ensino Fundamental incompleto	4%	3%	3%	2%	2%	2%	2%	1%	1%	1%	1%

Número de Profissionais	Escolaridade até o nível Ensino Médio	76%	75%	75%	74%	74%	73%	72%	68%	67%	66%	66%
	Escolaridade acima do nível Ensino Médio	24%	25%	25%	26%	26%	27%	28%	32%	33%	34%	34%

**Tabela 11:** Evolução do Grau de Escolaridade dos profissionais do Metrô de SP.

Fonte: Adaptado de Metrô (2004; 2005; 2007; 2010b; 2011).

Constata-se um aumento em relação ao total de funcionários com grau de escolaridade acima do nível médio, ao longo dos últimos 10 anos. A experiência acumulada permaneceu na empresa ao longo do período, cujo quadro de funcionários apresentou média de tempo de serviço em torno de 17 anos, visto a seguir.

Número de Funcionários											
IDADE	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Até 25 anos	163	166	299	206	160	202	294	250	434	554	635
Entre 26 e 35 anos	1678	1467	1537	1349	1241	1181	1.195	1.041	1143	1278	1412
Entre 36 e 45 anos	3360	3355	3502	3455	3191	2980	2.880	2.634	2543	2427	2305
Entre 46 e 55 anos	1886	2144	2309	2473	2587	2679	2.823	2.904	3000	3147	3317
Entre 56 e 65 anos	252	266	374	231	285	339	416	570	670	841	1031
Acima de 65 anos	22	27	27	5	10	13	13	18	23	31	40
<b>Total</b>	<b>7361</b>	<b>7425</b>	<b>8048</b>	<b>7719</b>	<b>7474</b>	<b>7394</b>	<b>7621</b>	<b>7417</b>	<b>7813</b>	<b>8278</b>	<b>8740</b>

IDADE	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Até 25 anos	2%	2%	4%	3%	2%	3%	4%	3%	6%	7%	7%
Entre 26 e 35 anos	23%	20%	19%	17%	17%	16%	16%	14%	15%	15%	16%
Entre 36 e 45 anos	46%	45%	44%	45%	43%	40%	38%	36%	33%	29%	26%
Entre 46 e 55 anos	26%	29%	29%	32%	35%	36%	37%	39%	38%	38%	38%
Entre 56 e 65 anos	3%	4%	5%	3%	4%	5%	5%	8%	9%	10%	12%
Acima de 65 anos	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Número de Estagiários	100	115	137	99	105	140	184	177	237	179	196
-----------------------	-----	-----	-----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Tempo Médio de Serviço (Anos)	15,26	16,25	16,65	16,91	17,69	16,24	16,33	16,98	16,62	16,27	16,16
-------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

**Tabela 12:** Quadro de profissionais do Metrô de SP por idade.

Fonte: Adaptado de Metrô (2004; 2005; 2007; 2010b; 2011).

Por fim, vale destacar como processos de aprendizagem no período, o estabelecimento de convênios de cooperação técnica com outras empresas como a CPTM e o Metrô de Lyon, bem como a promoção, em conjunto com a ANTP, STM e CPTM, da XIII Assembleia Geral da Associação Latino Americana de Metrôs e Subterrâneos – Alamys, na qual se fizeram representar 27 operadoras de sistemas metroviários e ferroviários ibero-americanos, para a realização de debates que propiciaram o intercâmbio de experiências e tecnologia (METRÔ, 2000b). Além disso, a participação da empresa como integrante do CoMET possibilita iniciativas contínuas de benchmarking em termos de indicadores de desempenho e atividades relacionadas à Operação e Manutenção.

#### **4.3.4 Acumulação de Competências Tecnológicas entre 1975 e 2010.**

O período entre 1975 e 2010 é marcado pela realização de diversos processos de aprendizagem, que ocorreram de forma simultânea à introdução de inovações tecnológicas pela empresa. Estes processos permitiram a acumulação de competências tecnológicas desde o início da operação comercial. No período anterior, constatou-se que o Metrô de SP adquiriu competências tecnológicas rotineiras nas três funções técnicas analisadas. Dado o curto intervalo de tempo do período anterior (seis anos) e a inexistência de uma base de conhecimento nacional, observa-se que este processo de acumulação de competências ocorreu de forma bastante rápida. Contudo, foi a partir da implantação da Linha Azul que a empresa iniciou um processo de acumulação de competências tecnológicas inovadoras.

O quadro a seguir apresenta a trajetória de acumulação destas competências, ocorrida a partir de 1975, em relação às funções técnicas Gestão de Operação e Gestão de Manutenção.

Níveis de Competências Tecnológicas	Função Técnica - Gestão da Operação	Função Técnica - Gestão de Manutenção	
<b>Competências Tecnológicas Inovadoras</b>			
3. Extrarenovada	<p>Competência para desenvolver estudos para melhoria da eficiência na operação e para promover pequenas adaptações e melhorias incrementais na operação.</p> <p>Competências para promover avanços tecnológicos de maior complexidade, sob supervisão externa.</p>	<p>Competência para elaborar especificações de componentes e equipamentos sob supervisão externa.</p> <p>Competência para realizar reformas em equipamentos de alta complexidade tecnológica sob supervisão técnica externa.</p>	<p>Após a implantação da Linha Azul, o Metrô de SP passou a desenvolver atividades de manutenção de forma sistemática. Os treinamentos internos, os testes de aceitação de equipamentos e os estágios no exterior proporcionaram a aquisição de conhecimento para promover manutenção em equipamentos com tecnologia de ponta na época, como o sistema de sinalização e controle, os equipamentos do CCO e a tecnologia "chopper".</p> <p>Muitos equipamentos e sistemas foram adquiridos com garantia de assistência técnica para os anos seguintes, contribuindo para o desenvolvimento destas manutenções. Portanto, em 1975, a empresa já acumulava este nível de competência para a função técnica Gestão da Manutenção. As alterações promovidas no projeto original proporcionaram capacitação para a introdução de avanços tecnológicos com apoio externo. A implantação do conceito de Centro de Controle, inédito no país, desde o início de sua primeira linha, evidenciava a acumulação deste nível de competência.</p>
4. Pré-Intermediária	<p>Competência para desenvolver estudos para melhoria da eficiência na operação e para promover adaptações e melhorias incrementais na operação.</p> <p>Competência para desenvolver novas tecnologias em conjunto com outras empresas, apoiando projetos para sua implantação e aplicação na operação existente.</p>	<p>Competência para promover reformas e especificações relacionadas à componentes e equipamentos de média e alta complexidade tecnológica.</p> <p>Competência em atividades de Administração de Materiais.</p> <p>Competência para realizar programas de Manutenção Preventiva.</p>	<p>O desenvolvimento do sistema de sinalização e controle pelo Metrô de SP, em conjunto com empresas nacionais e do exterior comprova a capacitação para desenvolver tecnologias e aplicá-las em sua operação. Este sistema, baseado em tecnologia de multiprocessamento, foi desenvolvido para a Linha Vermelha, que iniciou sua operação em 1979.</p> <p>Portanto, nesse ano o Metrô de SP já acumulava este nível de competência para a função técnica Gestão de Operação. Com a implantação da Linha Azul, surgiu o Pátio de Manutenção Jabaquara, onde já eram realizadas atividades de administração de estoques e manutenções preventivas. Diferente da construção de sua primeira linha, em 1979, o Metrô de SP não contava mais com apoio externo do consórcio HMD, porém, dispunha de conhecimento suficiente para liderar a elaboração de especificações e realização de projetos, consolidando a acumulação deste nível de competência com a implantação da Linha Vermelha.</p>
5. Intermediária	<p>Competência para prestação de serviços de assessoria a outras empresas do segmento, no que tange a operação de metrô pesados de menor porte.</p> <p>Competência para identificar e assimilar novas tecnologias com apoio externo, para implantação ou aplicação na operação existente.</p>	<p>Competência para prestação de serviços de assessoria a outras empresas do segmento, no que tange a manutenção de metrô pesados de menor porte.</p> <p>Competência para identificar e assimilar novas tecnologias com apoio externo, para implantação ou aplicação na operação existente.</p>	<p>A partir de 1980, o Metrô de SP iniciou a prestação de serviços de consultoria em metrô de menor porte, localizados no país e no exterior, promovendo treinamentos técnicos nas áreas de Operação e Manutenção. Nesta época, a empresa já era considerada uma referência mundial em tecnologia no segmento e estava capacitada para a identificação de novas tecnologias no mercado. Isto foi evidenciado com o desenvolvimento de trens especialmente projetados para a Linha Vermelha, em conjunto com fornecedores.</p>
6. Médio-alta	<p>Competência para desenvolver, implementar e padronizar melhoria contínua de processos e técnicas de gestão organizacional.</p> <p>Referência mundial em Operação, com padrões de excelência internacionais.</p>	<p>Competência para desenvolver, implementar e padronizar melhoria contínua de processos e técnicas de gestão organizacional.</p> <p>Referência mundial em Manutenção, com padrões de excelência internacionais.</p>	<p>Em 1992, iniciou-se o projeto de implantação de um sistema de gestão baseado em Qualidade Total, culminando na certificação ISO 9000 para as atividades relacionadas à Manutenção e Operação. Apesar da certificação ocorrer apenas a partir da década seguinte, em 1995, o Metrô de SP já havia capacitado praticamente todo seu quadro de Operação e Manutenção, formando também instrutores internos para multiplicação do conhecimento relacionado ao sistema de gestão.</p> <p>Além disso, já praticava os conceitos de Qualidade Total nestas atividades, aproveitando o consistente trabalho de elaboração de padrões e procedimentos de operação e manutenção desenvolvidos desde a inauguração de sua primeira linha. Assim, naquele ano, já acumulava este nível de competência para ambas as funções técnicas.</p>
7. Avançada	<p>Competência para desenvolver, em conjunto com outras empresas, novas tecnologias para o segmento.</p> <p>Polo mundial de difusão de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e conhecimentos operacionais para o segmento.</p>	<p>Competência para desenvolver, em conjunto com outras empresas, novas tecnologias para o segmento.</p> <p>Polo mundial de difusão de pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias e conhecimentos operacionais para o segmento.</p>	<p>Apesar de sua extensa base de conhecimento e a aplicação de tecnologias de ponta em sua operação, o Metrô de SP não vivenciou, de forma contínua, experiências como polo mundial de difusão de novas tecnologias para aplicação em redes de metrô de maior porte.</p> <p>Contudo sua experiência acumulada permite a qualificação necessária para prospectar e assimilar novas tecnologias desenvolvidas no mercado, como as Portas de Plataformas e o CBTC, avanços tecnológicos introduzidos recentemente em sua rede. Assim, o Metrô de SP ainda não atingiu este nível de competências para estas duas funções técnicas.</p>

**Quadro 27: Competências em Operação e Manutenção: entre 1975 e 2010.**

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O quadro anterior permite constatar que o Metrô de SP acumulou, ao longo de sua história, o nível médio-alto de competências tecnológicas para estas funções. A empresa também atingiu este patamar para a função técnica *Concepção e Gestão de Projetos*, como mostra o quadro a seguir.

Níveis de Competências Tecnológicas	Função Técnica - Concepção e Gestão de Projetos	
	Competências Tecnológicas Inovadoras	
5. Intermediária	Competência para prestação de serviços de assessoria a outras empresas do segmento, no que tange ao planejamento e execução de projetos básicos de metrô pesados de menor porte.	<p>Além de treinamento de operação e manutenção para outros metrô de menor porte, foi a partir de 1984 que o Metrô de SP iniciou trabalhos de consultoria na elaboração de projetos para implantação de metrô em outras cidades.</p> <p>Evidencia-se isto com os intercâmbios tecnológicos promovidos para a elaboração de projetos de metrô para as cidades de Salvador e Bagdá. Assim, em 1984, a empresa já acumulava este nível de competência tecnológica para a função técnica Concepção e Gestão de Projetos.</p>
6. Médio-alta	Competência para promover alterações e inovações incrementais e radicais nos sistemas e equipamentos com base na identificação e assimilação de novas tecnologias.	A construção da Linha Verde, finalizada em 1991, trouxe uma série de inovações e assim, o Metrô de SP consolidou definitivamente seu aprendizado em relação aos métodos construtivos existentes. Além disso, a experiência anterior, com o desenvolvimento do sistema de sinalização e controle pela empresa em conjunto com instituições nacionais e do exterior, foi aplicado na implantação desta linha. Este nível de competência tecnológica para a função técnica Concepção e Gestão de Projetos foi mantido, viabilizando a prospecção e introdução de tecnologias de Portas de Plataforma e CBTC.
7. Avançada	Referência mundial em planejamento, com competência para prestação de serviços de assessoria de planejamento e execução de projetos básicos na implementação e expansão de metrô pesados de grande porte.	Apesar de sua extensa base de conhecimento e a aplicação de tecnologias de ponta em sua operação, o Metrô de SP não vivenciou, de forma contínua, experiências no planejamento e execução de projetos básicos para redes de metrô de maior porte. Assim, apesar de dispor de tecnologia de ponta em sua rede, o Metrô de SP ainda não atingiu este nível de competências para esta função técnica.

**Quadro 28:** Competências em Concepção e Gestão de Projetos: entre 1975 e 2010.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

O capítulo seguinte apresenta a análise e discussão dos resultados, com o intuito de responder à questão de pesquisa e atender aos objetivos definidos nesta dissertação.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Os aspectos referentes ao processo de transferência tecnológica, descritos no referencial teórico desta dissertação, puderam ser observados ao longo deste estudo de caso. Primeiramente, observa-se a importância do esforço governamental para viabilizar a implantação do metrô na cidade de São Paulo. Os esforços do governo municipal e, posteriormente, do estadual foram fundamentais para o surgimento do Metrô de SP, tanto em relação à busca de recursos para viabilizar o empreendimento, quanto, principalmente, por determinar sua orientação estratégica, voltada à obtenção de domínio tecnológico e consolidação de um setor até então inexistente no país. O caso estudado mostra um exemplo da busca de empresas de países em desenvolvimento por assimilação e adaptação de tecnologias do exterior às condições locais, por meio de esforços relacionados à aprendizagem, conforme os trabalhos de Lall (1992, 2000) e Katz (2000).

Para viabilizar a implantação do Metrô de SP, foi necessária uma primeira etapa de transferência de tecnologia proveniente de países como Estados Unidos e Alemanha. Entretanto, por manter o foco em aprendizagem desde o início, esta transferência não se limitou à aquisição de sistemas e equipamentos, mas também a um volume intenso de aprendizagem sobre estas tecnologias, por meio de estágios e visitas técnicas, além do apoio técnico do consórcio HMD na elaboração e execução do projeto de implantação da primeira linha. Como ressalta Lall (1992), a intensidade de esforços empregados por países em desenvolvimento consiste em um fator de diferenciação em relação ao grau de acumulação de competências tecnológicas. Isto foi claramente evidenciado no caso do Metrô de SP, principalmente quando se compara o modelo de desenvolvimento tecnológico adotado pela empresa com as estratégias de outros metrôs, pautadas na simples aquisição de pacotes prontos de implantação, manutenção e operação. Caso optasse por um modelo como este, o Metrô de SP não teria experimentado tantos processos de aprendizagem e, conseqüentemente, não teria acumulado competências tecnológicas necessárias para promover inovações.

A partir da década de 60, ocorreu um processo de substituição de importações nos países da América Latina (KATZ, 2000). O Metrô de SP também adotou esta estratégia, já apresentando, na implantação de suas primeiras linhas, índices cada vez mais altos de nacionalização de projetos, equipamentos e sistemas. Dois exemplos foram abordados no capítulo de apresentação de resultados. Primeiramente, a aquisição do sistema de sinalização e controle para a linha Azul junto à empresa americana Westinghouse, efetuado no período pré-operação. A implantação deste sistema envolveu o treinamento de profissionais do Metrô de SP nesta tecnologia e a elaboração de documentação técnica, que serviu de base para a multiplicação deste conhecimento pela empresa. Posteriormente, com a implantação da linha Vermelha, o conhecimento acumulado pelo Metrô de SP permitiu sua participação em um grupo formado por instituições nacionais e internacionais, que acarretou o desenvolvimento de um sistema com tecnologia de microprocessamento e superior em relação à primeira linha. Outro exemplo de transferência tecnológica bem sucedida refere-se à assimilação de tecnologia externa e fabricação de trens no país pela empresa Mafersa, comprovando que não apenas o Metrô de SP, mas todo o segmento metroviário nacional acumulava competências tecnológicas.

Desta forma, ao longo de sua história, o Metrô de SP apresentou uma trajetória de acumulação de competências tecnológicas, descrita na tabela abaixo.

<i>Níveis de Competência Tecnológica</i>	<i>Número de Anos de Acumulação de Competências Tecnológicas no Metrô de SP</i>		
	<i>Função Técnica - Concepção e Gestão de Projetos</i>	<i>Função Técnica - Gestão da Operação</i>	<i>Função Técnica - Gestão da Manutenção</i>
(1) Básico	n=1 (1968)	n=6 (1974)	n=6 (1974)
(2) Renovado	n=1 (1968)	n=6 (1974)	n=6 (1974)
(3) Extrabásico	n=4 (1972)	n=7 (1975)	n=7 (1975)
(4) Pré-Intermediário	n=6 (1974)	n=11 (1979)	n=11 (1979)
(5) Intermediário	n=16 (1984)	n=12 (1980)	n=12 (1980)
(6) Médio-Alto	n=23 (1991)	n=27 (1995)	n=27 (1995)
(7) Avançado	<b>Não Atingido</b>	<b>Não Atingido</b>	<b>Não Atingido</b>

**Tabela 13:** Trajetória de acumulação de competências tecnológicas no Metrô de SP.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Basicamente, esta trajetória caracterizou-se por um primeiro momento, que vai desde a sua fundação até a implantação da primeira linha, onde a empresa adquiriu competências tecnológicas rotineiras nas três funções técnicas analisadas. A rapidez com que ela atingiu este nível deveu-se à intensidade com que experimentou os processos de aprendizagem no período. Em um segundo momento, a empresa buscou sedimentar e atualizar a base de conhecimento e experiências adquiridas, mantendo seu foco em aprendizagem e promovendo a introdução de inovações em suas linhas. O conceito de capacidade absorptiva definido por Cohen e Levinthal (1990) foi observado ao longo de todo o estudo de caso. Com grande esforço voltado à realização de treinamentos e intercâmbios tecnológicos com universidades e outras empresas, o Metrô de SP conseguiu identificar, assimilar e adaptar novas tecnologias à medida que efetuava a expansão de sua rede. Isto pode ser evidenciado tanto pela implantação da linha Verde, em 1991, quanto pela adoção de tecnologias como o CBTC, na década seguinte. A introdução destas tecnologias foi liderada pelos próprios profissionais do Metrô de SP, que já acumulavam ampla base de experiência.

Os mecanismos de aprendizagem descritos por Fleury e Fleury (1997) puderam ser observados ao longo da história da empresa. Além do emprego do *learning by doing*, presente nos treinamentos práticos promovidos pela empresa aos seus funcionários, os mecanismos *learning by changing* foram amplamente utilizados, sendo evidenciados na introdução de novas tecnologias na construção de cada linha da rede. Como exemplo, podemos destacar a modernização do CCO, que trouxe uma nova configuração de sistemas, voltada a uma maior integração e a introdução da tecnologia tração por corrente alternada, adotada nos trens da linha Verde. O contato com estas novas tecnologias por meio de prospecção, testes de aceitação, elaboração da documentação técnica e treinamentos internos proporcionou experiências de aprendizagem fundamentais para a gestão da operação em patamares tecnológicos mais elevados.

O mecanismo *learning by training* foi praticado pela empresa desde a sua fundação, por meio de treinamentos dos profissionais da empresa realizados em fornecedores, outros metrô e aqueles desenvolvidos internamente. Outro mecanismo descrito por Fleury e Fleury (1997), denominado *learning by hiring* foi observado nos dois períodos analisados, ocorrendo em maior intensidade na fase pré-operação, onde proporcionou a contratação de profissionais para a formação de suas primeiras equipes técnicas. A contratação de profissionais do setor de aviação agregou experiência em relação a conceitos de segurança e gestão de tráfego em modais de transporte.

Por fim, dada a crescente capacidade absorptiva observada durante as décadas de existência da empresa, o mecanismo *learning by learning*, descrito por Queiroz (2006), esteve presente, principalmente após a implantação da primeira linha, por meio de sua liderança no desenvolvimento de projetos e na elaboração de especificações técnicas, à medida que a empresa absorvia novas tecnologias.

Este mecanismo de aprendizagem foi intensamente aplicado por meio de esforços intensos de multiplicação de conhecimento promovidos pela empresa, com base nos conceitos relacionados à espiral de conhecimento de Nonaka e Takeuchi (1997). No primeiro período analisado, os estágios e visitas realizados pelos profissionais do Metrô de SP no exterior possibilitaram assimilar e compartilhar experiências, por meio de um processo de socialização de conhecimento. Com a documentação deste conhecimento, por meio de procedimentos e manuais de operação desenvolvidos por estes profissionais, houve uma codificação do conhecimento. Os treinamentos realizados posteriormente com base nesta documentação representaram um processo de codificação. Finalmente, a formação de equipes para assimilar e promover adaptações às tecnologias adotadas neste período representou uma internalização de conhecimento, gerando novos conhecimentos tácitos.

Após a implantação da primeira linha, evidencia-se um processo mais intenso de multiplicação de conhecimentos, conforme conceitos de Nonaka e Takeuchi (1997). Por meio das iniciativas de prospecção de novas tecnologias, como o CBTC, configurou-se uma fase de socialização de conhecimento. A documentação técnica, obtida com base nestas iniciativas, promoveu a transformação de conhecimento tácito em explícito, em relação a esta nova tecnologia. Assim, as reuniões realizadas pelas equipes técnicas para o entendimento destas documentações e a elaboração de especificações técnicas para sua aquisição associa-se às etapas finais do conceito de espiral do conhecimento estabelecido pelos autores.

### **5.1 Aprendizagem e Competências Tecnológicas: entre 1968 e 1974.**

No primeiro período analisado, constata-se uma forte interação entre as contratações de profissionais e estagiários com outros processos de aprendizagem, como treinamentos, visitas e intercâmbios tecnológicos. Os estágios e visitas no exterior promoveram a aquisição de conhecimentos inexistentes até então, que foram codificados sob a forma de especificações, procedimentos e manuais de operação. Esta documentação foi fundamental para a elaboração de materiais de treinamento, que por sua vez subsidiaram a realização de capacitações internas e, assim, a multiplicação do conhecimento. O quadro seguinte apresenta a análise dos processos de aprendizagem desenvolvidos pelo Metrô de SP nesta época, com base na estrutura conceitual e analítica adaptada de Figueiredo (2003) e definida para esta dissertação.

COD.	Iniciativas de Aprendizagem (1968 - 1974)	PROCESSO DE APRENDIZAGEM	VARIEDADE	INTENSIDADE	FUNCIONAMENTO	INTERAÇÃO																				
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	Treinamentos Internos	Socialização	1	CONTÍNUA	MODERADO		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
2	Contratação de profissionais do mercado	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	BOM			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
3	Contratação de Estagiários	Aquisição Externa	1	BAIXA	MODERADO				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
4	Estágios em outros metrs do mundo	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	BOM					1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
5	Estágio em fornecedores internacionais	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	BOM						1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
6	Visitas técnicas em outros metrs do mundo	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	BOM							1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
7	Visitas técnicas em fornecedores internacionais	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	BOM								1	1	1	1	1	1	1	1	1	1				
8	Formação de times multidisciplinares para projetos	Socialização	1	CONTÍNUA	BOM									1			1	1	1	1	1	1				
9	Testes de aceitação de equipamentos e sistemas	Aquisição Interna	1	CONTÍNUA	MODERADO													1	1	1		1				
10	Realização de experimentos sobre novas tecnologias	Aquisição Interna	1	INTERMITENTE	MODERADO																	1				
11	Apoio técnico de consórcios	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	BOM													1	1	1	1	1				
12	Intercâmbio tecnológico com universidades	Aquisição Externa	1	INTERMITENTE	MODERADO																1	1				
13	Introdução de novas tecnologias via projetos	Aquisição Interna	1	INTERMITENTE	MODERADO															1	1	1				
14	Elaboração de Especificações	Codificação	1	CONTÍNUA	MODERADO																1	1				
15	Elaboração de Projetos	Codificação	1	CONTÍNUA	BOM																1	1				
16	Elaboração de Procedimentos	Codificação	1	CONTÍNUA	BOM																	1				
17	Elaboração de Manuais de Operação	Codificação	1	CONTÍNUA	BOM																	1				
18	Elaboração de Relatórios de Administração	Codificação	1	CONTÍNUA	MODERADO																					
19	Prospecção de novas tecnologias	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	MODERADO																	1				
20	Desenvolvimento de novas tecnologias com outras empresas.	Aquisição Externa	1	BAIXA	MODERADO																	1				
21	Assistência Técnica de fornecedores	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	BOM																					

**Quadro 29:** Processos de Aprendizagem do Metrô de SP entre 1968 e 1974.

Fonte: Elaborado pelo Autor

A tabela a seguir apresenta o perfil dos processos de aprendizagem desenvolvidos no período, com base nas quatro características-chave definidas para a análise.

VARIEDADE	
PROCESSO DE APRENDIZAGEM	Total
Aquisição Externa	11
Codificação	5
Aquisição Interna	3
Socialização	2
<b>Total geral</b>	<b>21</b>

INTENSIDADE				
PROCESSO DE APRENDIZAGEM	BAIXA	INTERMITENTE	CONTÍNUA	Total geral
Aquisição Externa	2	1	8	11
Codificação			5	5
Aquisição Interna		2	1	3
Socialização			2	2
<b>Total geral</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>16</b>	<b>21</b>

FUNCIONAMENTO			
PROCESSO DE APRENDIZAGEM	MODERADO	BOM	Total geral
Aquisição Externa	4	7	11
Codificação	2	3	5
Aquisição Interna	3		3
Socialização	1	1	2
<b>Total geral</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>21</b>

INTERAÇÃO	
Interações Mapeadas	162
Interações Possíveis	210
<b>% de Interação</b>	<b>77%</b>

**Tabela 14:** Características-Chave dos Processos de Aprendizagem: entre 1968 e 1974.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Primeiramente, constata-se que no período analisado foi predominante a ocorrência de processos de aprendizagem baseados em aquisição externa e codificação de conhecimento. Em uma época onde inexistia uma base de conhecimento relacionada à tecnologia metroviária, era fundamental a busca por conhecimentos existentes em países desenvolvidos e sua rápida codificação para permitir a difusão aos profissionais que permaneceram no país, de forma a viabilizar o início da operação comercial do Metrô de SP.

Em relação à característica-chave *Intensidade*, observa-se que os processos de aquisição externa e codificação de conhecimentos foram desenvolvidos de forma contínua, dada a necessidade de rápida assimilação e domínio da tecnologia. A característica-chave *Funcionamento*, relacionada aos processos de socialização e aquisição interna, apresentaram-se com o quesito *moderado*, uma vez que o Metrô de SP vivenciava forte aprendizagem e passou a desenvolver estes processos com maior eficácia apenas após o início de sua operação comercial, quando já acumulava uma consistente base de conhecimento. Mesmo os processos de aquisição externa de conhecimento, que eram realizados com grande intensidade no período, apresentavam funcionamento moderado, principalmente com a aprendizagem por meio da introdução de novas tecnologias, uma vez que a empresa vivenciava seu primeiro contato com tecnologias deste segmento.

Vale ressaltar a importância do consórcio HMD, que proporcionou um consistente processo de aprendizagem com o apoio técnico ao projeto e a implantação de tecnologias provenientes do exterior. Sua contratação permitiu um processo de aprendizagem marcado pela forte integração com outras iniciativas, como os treinamentos no exterior e os esforços de codificação do conhecimento.

Conforme o conceito de socialização, proposto por Figueiredo (2003), observa-se que neste período ocorria um intenso compartilhamento de conhecimento tácito entre os profissionais da empresa. Com a aprendizagem adquirida no exterior e o intenso processo de codificação, a assimilação de tecnologias de ponta e a sua adaptação às condições locais permitiram um intenso e bem sucedido processo de transferência tecnológica, conforme os conceitos de Lall (1992, 2000), Kim (1997) e Katz (2000).

## **5.2 Aprendizagem e Competências Tecnológicas: entre 1975 e 2010.**

Este período foi marcado por uma intensificação do processo de nacionalização de projetos e a realização de treinamentos internos. O Metrô de SP sedimentava e atualizava sua base de conhecimento com a introdução de novas tecnologias por meio de projetos de expansão e modernização de cada linha. Estes processos de aprendizagem apresentaram forte interação com os demais nesta época. Assim, os treinamentos internos baseavam-se fortemente na documentação técnica produzida pela empresa, contribuindo para a formação de times multidisciplinares e desenvolvimento de testes de aceitação e prospecção de novas tecnologias. A possibilidade de transferir este conhecimento para outros metrôs gerou também aprendizagem, tanto por exigir a preparação de material de treinamento, quanto por conhecer outros contextos onde um metrô pode ser implantado.

A realização dos testes de aceitação de equipamentos e sistemas intensificou-se por conta da aplicação de novas tecnologias. O material rodante e o sistema de sinalização implantado na linha Vermelha, por exemplo, apresentaram inovações em relação à linha Azul. Da mesma forma, a linha Verde apresentou inovações nestes itens e no próprio conceito de centro de controle, onde se buscou maior integração entre toda a rede. Assim estes testes representaram um importante processo de aprendizagem baseado em aquisição interna de conhecimento, mostrando forte interação com treinamentos, contratações e elaboração de procedimentos, projetos e especificações.

O quadro a seguir apresenta a análise dos processos de aprendizagem no período posterior à implantação da linha Azul.

COD.	Iniciativas de Aprendizagem (1975 - 2010)	PROCESSO DE APRENDIZAGEM	VARIEDADE	INTENSIDADE	FUNCIONAMENTO	INTERAÇÃO																										
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
1	Treinamentos Internos	Socialização	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
2	Treinamentos com Fomecedores Nacionais	Aquisição Externa	1	INTERMITENTE	MODERADO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
3	Contratação de profissionais do mercado	Aquisição Externa	1	INTERMITENTE	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
4	Contratação de Estagiários	Aquisição Externa	1	INTERMITENTE	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
5	Visitas técnicas em outros metró do mundo	Aquisição Externa	1	INTERMITENTE	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
6	Visitas técnicas em fomecedores internacionais	Aquisição Externa	1	INTERMITENTE	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
7	Formação de times multidisciplinares para projetos	Socialização	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
8	Testes de aceitação de equipamentos e sistemas	Aquisição Interna	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
9	Realização de experimentos sobre novas tecnologias	Aquisição Interna	1	INTERMITENTE	MODERADO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
10	Intercâmbio tecnológico com universidades	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	MODERADO	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
11	Promoção de treinamentos a outros metró	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
12	Introdução de novas tecnologias via projetos	Aquisição Interna	1	INTERMITENTE	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
13	Convênios com instituições de ensino	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
14	Convênio com outras empresas	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
15	Elaboração de Especificações	Codificação	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
16	Elaboração de Projetos	Codificação	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
17	Elaboração de Procedimentos	Codificação	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
18	Elaboração de Manuais de Operação	Codificação	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
19	Elaboração de Relatórios de Operação	Codificação	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
20	Elaboração de Relatórios de Administração	Codificação	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
21	Geração e acompanhamento de indicadores	Codificação	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
22	Prospecção de novas tecnologias	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
23	Participação em grupos de Benchmarking	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
24	Desenvolvimento de novas tecnologias com outras empresas.	Aquisição Externa	1	INTERMITENTE	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
25	Disponibilização de dados via Intranet	Codificação	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
26	Assistência Técnica de fomecedores	Aquisição Externa	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
27	Acervo da Biblioteca do Metrô.	Codificação	1	CONTÍNUA	BOM	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		

**Quadro 30:** Processos de Aprendizagem do Metrô de SP: entre 1975 e 2010.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

A tabela seguinte apresenta o perfil dos processos de aprendizagem desenvolvidos pelo Metrô de SP a partir de 1975, com base nas características-chave analisadas.

VARIEDADE	
PROCESSO DE APRENDIZAGEM	Total
Aquisição Externa	13
Codificação	9
Aquisição Interna	3
Socialização	2
<b>Total geral</b>	<b>27</b>

INTENSIDADE			
PROCESSO DE APRENDIZAGEM	INTERMITENTE	CONTÍNUA	Total geral
Aquisição Externa	6	7	13
Codificação		9	9
Aquisição Interna	2	1	3
Socialização		2	2
<b>Total geral</b>	<b>8</b>	<b>19</b>	<b>27</b>

FUNCIONAMENTO			
PROCESSO DE APRENDIZAGEM	MODERADO	BOM	Total geral
Aquisição Externa	2	11	13
Codificação		9	9
Aquisição Interna	1	2	3
Socialização		2	2
<b>Total geral</b>	<b>3</b>	<b>24</b>	<b>27</b>

INTERAÇÃO	
Interações Mapeadas	265
Interações Possíveis	351
<b>% de Interação</b>	<b>75%</b>

**Tabela 15:** Características-Chave dos Processos de Aprendizagem: entre 1975 e 2010.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Primeiramente, constata-se um aumento significativo do número de processos de aprendizagem. Apesar disso, a empresa conseguiu manter forte interação entre estes processos, atingindo um patamar de 75%, conforme estrutura analítica definida para esta dissertação. Outro destaque é a intensidade destes processos, realizados de forma contínua em praticamente todas as suas modalidades.

Além disso, a base de conhecimento da empresa permitiu o aprimoramento destes processos, que passaram a ser realizados com maior eficácia em praticamente sua totalidade. A análise da característica-chave *Variedade* mostra o processo de aquisição externa ainda como o mais predominante. Contudo, o volume de iniciativas de aprendizagem através de fontes externas não ocorria mais por conta de alta dependência tecnológica, mas sim pela realização de intercâmbios com outros metrôs, maior número de convênios com universidades e empresas, além do ingresso do Metrô de SP no CoMET, que proporcionou contínua aquisição de conhecimento e prospecção de novas tecnologias com base na prática de benchmarking entre os maiores metrôs do mundo.

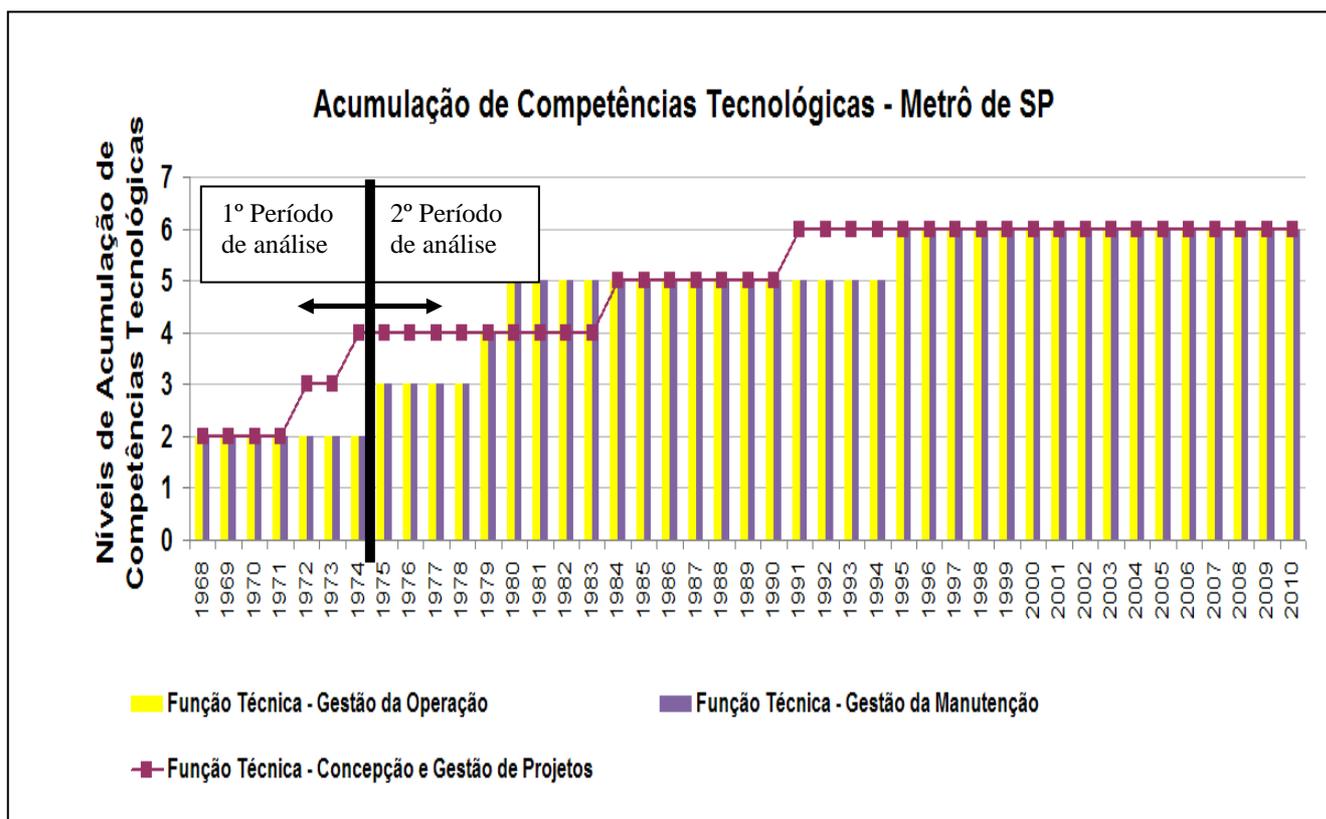
Apesar de se apresentar em menor número, os processos de aprendizagem baseados em socialização foram fortemente alavancados pelos treinamentos internos realizados pela empresa, que se intensificavam com novas experiências e a implantação de novas tecnologias. Além disso, é importante destacar o período a partir da década de 90, quando a implantação do sistema de gestão baseado nos conceitos de Qualidade Total manteve elevado o volume de treinamentos e exigiu grandes esforços na confecção de procedimentos para as áreas de Operação e Manutenção.

### **5.3 A aprendizagem e a acumulação de competências.**

O desenvolvimento dos processos de aprendizagem foi fundamental para que a empresa pudesse acumular competências tecnológicas inovadoras. Com base nos conceitos propostos por Leonard-Barton (1992, 1995) e posteriormente, Figueiredo (2005), é possível identificar a presença destas competências sob a forma de equipamentos, infra-estrutura e sistemas, além da experiência e conhecimento acumulados nos profissionais do Metrô de SP. Contudo, Leonard-Barton (1992, 1995) destaca outros dois elementos, que compõem o conceito de competências tecnológicas, que foram vitais para o desenvolvimento tecnológico do Metrô de SP.

O primeiro refere-se aos sistemas organizacionais para manter o fluxo contínuo de informações e a multiplicação do conhecimento. No caso, estes sistemas são representados pela gama de treinamentos e documentos técnicos produzidos em forma de manuais, procedimentos, especificações e, posteriormente, pela intranet corporativa. O segundo e mais importante elemento, entretanto, refere-se às normas e valores da empresa, que sustentaram a orientação estratégica voltada à aprendizagem contínua, com o intuito de dominar novas tecnologias e ser capaz de implantá-las em sua operação.

Com base nos conceitos de Lall (1992), Bell e Pavitt (1995) e Figueiredo (2003), observa-se que o primeiro período analisado foi fundamental para que a empresa atingisse níveis de competência tecnológica rotineiras, evidenciando-se, após 1974, o alcance de níveis de competência tecnológica inovadoras em todas as funções técnicas analisadas, como mostra o gráfico seguinte.

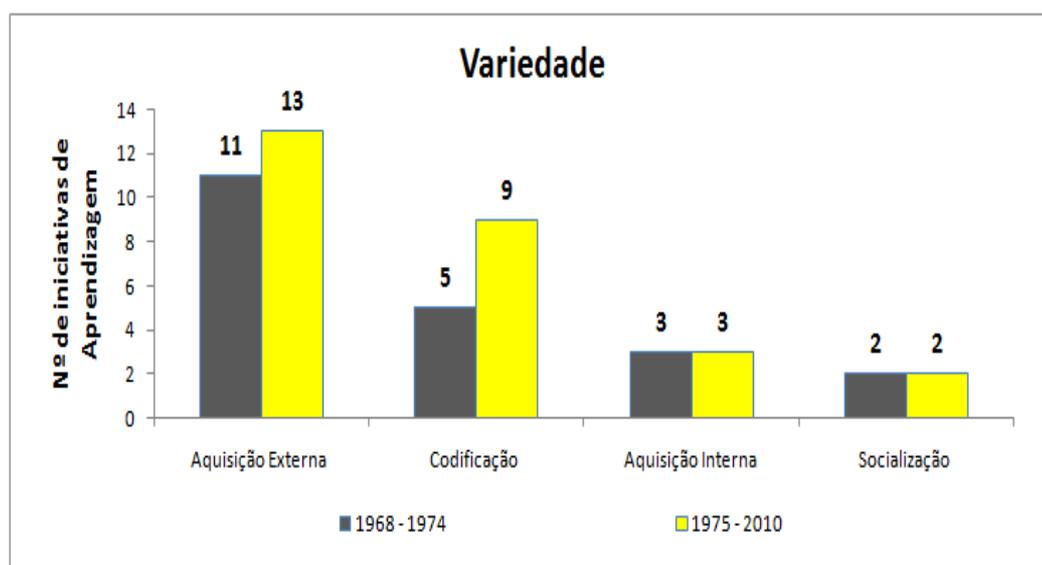


**Gráfico 3:** Trajetória de Acumulação de Competências Tecnológicas no Metrô de SP.

Fonte: Elaborado pelo Autor

A trajetória de acumulação de competências tecnológicas é muito semelhante quando se comparam as três funções técnicas. Isto se explica porque o desenvolvimento de inovações e a implantação de novas linhas sempre foram realizados contando com um esforço dos profissionais das áreas de Projetos, Operação e Manutenção. Estes profissionais formavam os times multidisciplinares que implantavam estes projetos, acumulando e multiplicando as experiências adquiridas por toda a empresa, em uma dinâmica semelhante à que propõe a espiral de conhecimento de Nonaka e Takeuchi (1997).

Comparando-se os processos de aprendizagem que tornaram possível a acumulação destas competências nos dois períodos analisados, observa-se uma evolução ao longo do tempo em termos de volume de iniciativas e eficácia com que eram realizados estes processos. O gráfico a seguir apresenta a evolução destes processos em termos de quantidade de iniciativas de aprendizagem realizadas.

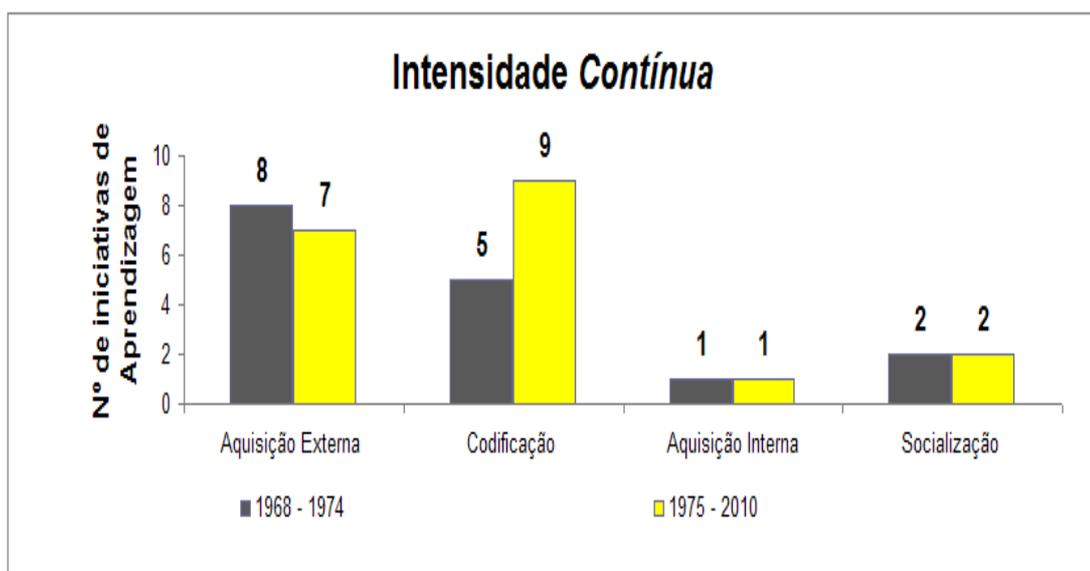


**Gráfico 4:** Característica-Chave *Variedade* no Metrô de SP.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Em relação à característica-chave *Intensidade*, observa-se que alguns processos relacionados à aquisição externa de conhecimento passaram a ser realizados apenas de forma intermitente. É o caso de visitas técnicas a outros metrôs, que passaram a ser feitas não mais com o intuito de formação de base de conhecimento, mas de prospecção de novas tecnologias e estudos de benchmarking.

A codificação de conhecimento foi praticada de forma mais intensa com o surgimento da Biblioteca do Metrô de SP, que consiste em um vasto acervo contendo a memória técnica da empresa. Além disso, destaca-se a gestão por indicadores de desempenho das áreas de Operação e Manutenção, intensa a partir deste período e fortemente integrada com as ações de benchmarking entre metrôs. A gestão por indicadores contribuiu para a realização de testes de aceitação de equipamentos e gestão da operação comercial, configurando um mecanismo de aprendizagem destacado por Fleury e Fleury (1997), denominado *learning by performance system*. O gráfico seguinte apresenta a análise comparativa dos processos de aprendizagem com intensidade contínua, ressaltando a evolução da prática de codificação de conhecimento no segundo período analisado.

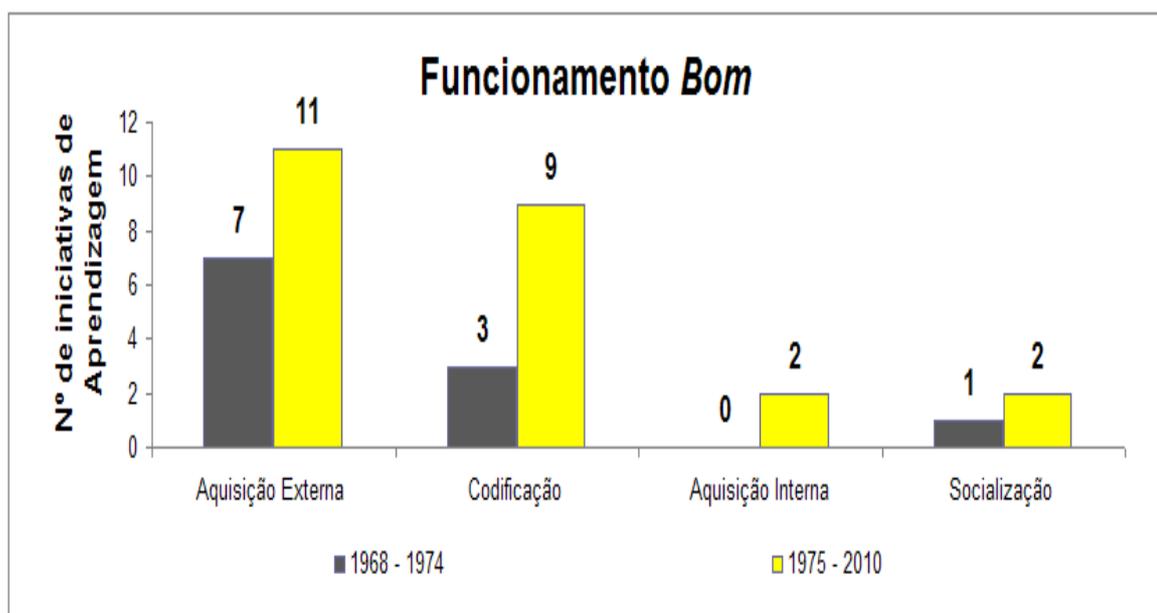


**Gráfico 5:** Característica-Chave *Intensidade* no Metrô de SP.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Os gráficos seguintes mostram que houve significativa evolução em relação à eficácia de todos os processos de aprendizagem no segundo período analisado. Com base no conceito proposto por Cohen e Levinthal (1990), constata-se que esta melhora deveu-se principalmente à capacidade absorptiva da empresa, pautada em uma consistente base de conhecimento prévio que permitiu a assimilação de novos conhecimentos com maior facilidade, tornando mais produtivos e eficazes estes processos.

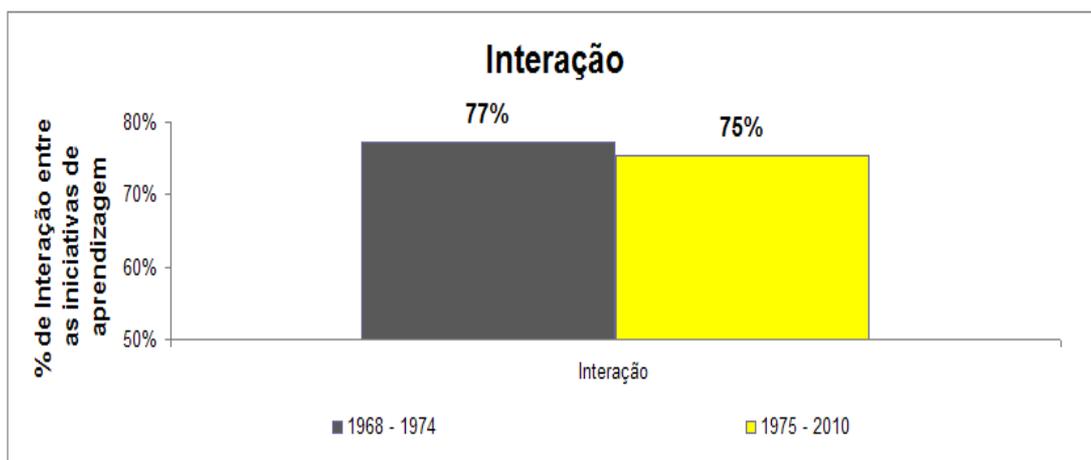
Assim, com iniciativas de prospecção de novas tecnologias e de benchmarking realizadas de forma bem sucedida, o Metrô de SP conseguiu implantar inovações tecnológicas em sua rede de forma contínua. O gráfico a seguir mostra o número de processos de aprendizagem analisados com base na característica-chave *Funcionamento* e que foram avaliados como quesito *bom*, segundo a estrutura conceitual e analítica desta dissertação.



**Gráfico 6:** Característica-Chave *Funcionamento* no Metrô de SP.

Fonte: Elaborado pelo Autor

Vale destacar a melhora no funcionamento de processos de aprendizagem baseados em aquisição interna, principalmente devido à realização de experimentos sobre novas tecnologias e testes de aceitação de equipamentos e sistemas, realizados com base no conhecimento técnico acumulado em seus profissionais, promovendo o compartilhamento de conhecimento tácito pela empresa. Outra razão para melhor eficácia nos processos de aprendizagem realizados deveu-se ao forte grau de interação, identificado ao longo da história do Metrô de SP, que permitiu maior aproveitamento de todos os processos de aprendizagem realizados. O gráfico seguinte destaca a manutenção do grau de interação entre os processos de aprendizagem a partir de 1975, mantido neste patamar mesmo com as dificuldades devido ao aumento do volume de iniciativas e do esforço da empresa em aprimorá-las.



**Gráfico 7:** Característica-Chave *Interação* no Metrô de SP.

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Desta forma, no primeiro período, o Metrô de SP empregou intensos esforços na assimilação de conhecimentos para que pudesse implantar e operar uma tecnologia inédita no país. Assim, as fontes externas de conhecimento foram fundamentais, bem como os esforços de codificação deste conhecimento. Apesar da função técnica *Concepção e Gestão de Projetos* apresentar-se em um nível maior de competência em relação às demais funções, ainda se tratava de um patamar de competência rotineira.

Portanto, ao final de 1974, a empresa já reunia qualificação necessária para elaborar e desenvolver um projeto de implantação de linhas de metrô, bem como efetuar atividades de operação e manutenção em um nível básico. A partir daquele ano, a empresa atingiu patamares superiores de competência em todas as funções técnicas analisadas, passando a promover inovações em sua rede, seja por introdução ou desenvolvimento de novas tecnologias. Além disso, a empresa se encontrava qualificada para gerir estas mudanças técnicas, por meio de uma base robusta de conhecimento, caracterizando a acumulação de competências tecnológicas, conforme conceitos estabelecidos por Lall (1992) e Bell e Pavitt (1995).

Considerando os conceitos estabelecidos por Figueiredo (2003) em termos de socialização de conhecimento, constata-se que os treinamentos internos foram o exemplo mais significativo no primeiro período. Após a implantação da primeira linha, estas iniciativas não só foram mantidas, como também intensificadas, contribuindo de forma significativa como a principal forma de multiplicação dos conhecimentos por toda a empresa. Apesar de não apresentar crescimento em relação ao número de iniciativas de aprendizagem, houve sem dúvida uma evolução, em termos de eficácia, nos processos de aprendizagem relacionados à aquisição interna e socialização de conhecimento após a implantação da linha Azul. Entretanto, os demais processos de aprendizagem continuaram a ser praticados com bastante intensidade, porém, não mais com o intuito de superar uma condição de dependência tecnológica, mas com ênfase no intercâmbio tecnológico, identificação e introdução de inovações, contribuindo de forma relevante para o processo de nacionalização de tecnologias de ponta no segmento.

## 6 CONCLUSÃO

A questão de pesquisa desta dissertação buscou examinar como o Metrô de SP acumulou competências tecnológicas e quais os processos de aprendizagem utilizados, objetivando identificar a influência destes processos nesta trajetória. Com base nos resultados obtidos com esta pesquisa, constata-se que os processos de aprendizagem foram fundamentais para a acumulação de competências tecnológicas pela empresa.

O Metrô de SP, antes de implantar suas linhas, definiu como estratégia de desenvolvimento a busca por tecnologias de ponta e a formação de uma base de conhecimento que permitisse não apenas operar e manter um sistema metroviário altamente avançado tecnologicamente, mas também que possibilitasse o desenvolvimento e a introdução de inovações incrementais e radicais. Assim, a empresa adotou um modelo voltado para a obtenção de domínio tecnológico e, portanto, contrário à aquisição de pacotes fechados de implantação, operação e manutenção de redes de metrô.

Para que pudesse viabilizar o empreendimento com base nesta orientação estratégica, mesmo apesar da forte dependência tecnológica externa na década de 60, tanto do Metrô de SP quanto do próprio país, a empresa optou por promover processos de transferência tecnológica, porém pautados em intensas iniciativas de aprendizagem. Este grande esforço para a formação de uma base sólida de conhecimento em tecnologia metroviária acarretou transferências tecnológicas bem sucedidas, ilustrando os conceitos de autores como Lall (1992), Bell e Pavitt (1995) e Kim (1997). Assim, além de obter conhecimento para construir sua primeira linha e iniciar sua operação comercial, nos final dos anos 60 e início da década de 70, o Metrô de SP estabelecia as bases para se tornar uma empresa que empregava tecnologia de ponta, sendo considerada referência mundial no segmento.

Outro ponto destacado pelos autores refere-se à importância do incentivo governamental para o desenvolvimento tecnológico em países emergentes. No caso estudado, constata-se que não apenas a obtenção de recursos, mas principalmente a definição da orientação estratégica do empreendimento, voltada à autonomia tecnológica, foi fundamental para que a empresa conseguisse acumular os níveis de competência identificados. O Metrô de SP contribuiu significativamente para a consolidação do segmento metroviário nacional, em uma época caracterizada por políticas de substituição de importações no Brasil. A intensificação do processo de nacionalização de tecnologias à medida que eram construídas novas linhas evidencia tal fato.

A busca por aprendizagem sempre foi o foco da empresa, que hoje conta com equipes de profissionais altamente especializados e experientes, bem como sistemas e equipamentos avançados, que permitem a prestação de serviços de transporte de forma extremamente eficiente. Contudo, além destes pontos, outro alicerce para a construção e manutenção de competências tecnológicas inovadoras pela empresa consiste em sua orientação para o aprendizado contínuo. Ainda se destaca a importância de uma base de conhecimento prévio para o desenvolvimento e assimilação de novas tecnologias. No caso estudado, a prática contínua de aprendizagem, aliada à busca pela introdução de tecnologias de ponta possibilitou a manutenção de uma base sólida de conhecimento, em constante crescimento e atualização, que sustentou o desenvolvimento tecnológico da empresa de forma constante.

Assim, os objetivos desta dissertação foram cumpridos, inicialmente com a adaptação de uma estrutura conceitual e analítica presente na literatura para a análise da influência dos processos de aprendizagem na acumulação de competências tecnológicas. O caso selecionado foi muito rico para o desenvolvimento desta dissertação, pois também permitiu a observação de processos de transferência tecnológica e esforços voltados para nacionalização, em um período marcado pela substituição de importações no Brasil.

Como contribuição desta dissertação, destaca-se a elaboração de uma estrutura conceitual e analítica baseada nos trabalhos de Figueiredo (2003), porém, adaptada ao estudo de acumulação de competências tecnológicas no setor de serviços e, mais especificamente, para casos como o do Metrô de SP, cujas funções técnicas assemelham-se àquelas encontradas em setores industriais. Além disso, vale salientar a elaboração de uma forma alternativa para análise da interação entre processos de aprendizagem, baseada na comparação entre as interações realizadas e possíveis em relação ao caso estudado.

Para futuras pesquisas sobre o tema, recomenda-se a realização de mais estudos de caso abordando o setor de serviços, que atualmente se concentram mais em empresas produtoras de softwares ou Tecnologia Intensiva de Conhecimento (TICs). Além disso, é interessante o desenvolvimento de estudos em outras redes de metrô no mundo, verificando a influência de processos de aprendizagem no segmento como um todo. Assim, seria possível comparar casos como o do Metrô de SP com outros onde a estratégia baseou-se na aquisição de pacotes fechados de implantação, operação e manutenção.

Por fim, é interessante o desenvolvimento de estudos sobre o tema em que seja possível a comparação entre setores distintos, proporcionando análise comparativa de acumulação de competências tecnológicas e influência de processos de aprendizagem no setor de serviços e em setores industriais.

## REFERÊNCIAS

ACEVEDO, C.R.; NOHARA, J. J. **Monografia no curso de Administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

ANDRADE, R. F.; FIGUEIREDO, P. N. Dinâmica da acumulação de capacidade tecnológica e inovação em subsidiárias de empresas transnacionais (etns) em economias emergentes: a trajetória da Motorola Brasil. **Revista de Administração e Inovação**, São Paulo, v. 5, n. 3, p. 73-92, set./dez. 2008.

ALOUCHE, P.L. As tendências tecnológicas para o metro do futuro. **Revista do Instituto de Engenharia**. São Paulo, n.469, p.78-81, jun./ago.1988.

\_\_\_\_\_; A tecnologia dos Metrôs do Mundo e o Futuro do Material Rodante Brasileiro. **Companhia do Metropolitano de São Paulo**. São Paulo, p.1-6, 1991.

ASSMANN, P. Anos de Tecnologia Metroviária. **Revista do Instituto de Engenharia**. São Paulo, n.469, p.14-23, jun./ago.1988.

AW, B.Y.; BATRA, G. Technological capability and firm efficiency in Taiwan (China). **The World Bank Economic Review**, [S.l.], v.12, n. 1; p. 59-79, jan. 1998.

BELL, M. Learning and the accumulation of industrial technological capacity in developing countries. In: FRANSMAN, M.; KING, K (Orgs). **Technological capability in the third world**. New York: Macmillan, 1985.

\_\_\_\_\_; ALBU, M. Knowledge Systems and Technological Dynamism in Industrial Clusters in Developing Countries. **World Development**, Great Britain, v. 27, n.9, p. 1715-1734, 1999.

\_\_\_\_\_; PAVITT, K. The development of technological capabilities. In: HAQUE, I. U. (Ed.). **Trade, technology and international competitiveness**. Washington DC: World Bank, 1995. p.69-101.

\_\_\_\_\_; ROSS-LARSSON, B.; WESTPHAL, L. E. Assessing the performance of infant industries. **Journal of Development Economics**. North-Holland, v.16, p. 101-128, 1984.

BENVENUTO, P.P. De olho no futuro, o Metrô aprimora seu planejamento. **Revista Engenharia**. São Paulo, n.529, p.48-52, set./out.1998.

BESSANT, J.; KAPLINSKY, R. Industrial restructuring: facilitating organisational change at the firm level. **World Development**, [S.l.], v.23, n.1, p. 129-141, 1995.

BUTTENBENDER, P. L.; ZAMBERLAN, L.; SPARENBERGER, A. A acumulação de competência tecnológica e os processos de aprendizagem na indústria metal-mecânica: O caso de AGCO – Indústria de Colheitadeiras. In: ENCONTRO NACIONAL DO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003, Ouro Preto. **Anais...** Ouro Preto: ENEGEP, 2003. p. 1-8.

CARMIGNANI, W. A Engenharia do Metrô e Recursos Humanos. **Revista do Instituto de Engenharia**. São Paulo, n.469, p.58-60, jun./ago.1988.

CASTRO, E.C.; FIGUEIREDO, P.N. Does technological learning pay off? Implications of capability accumulation for techno-economic performance improvement in a steelmaking unit in Brazil (1997-2001). **Revista Brazilian Administration Review**, Curitiba, v.2, n.1, p.38-56, 2005.

COHEN, W. M.; LEVINTHAL, D. A. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. **Administrative Science Quarterly**, [S.l.], v.35, n.1, p. 128-152, mar. 1990.

COMET. **Pesquisa geral no site**. Disponível em <<http://www.comet.com.br>>. Acesso em 15 abr. 2011.

COSTA, B.L.C. Vinte anos de engenharia de sistemas do Metrô. **Revista do Instituto de Engenharia**. São Paulo, n.469, p.64-66 jun./ago.1988.

COSTA, R.F. Portas de Plataforma. **Revista Engenharia**. São Paulo, n.594, p.134-135, jul./ago./set. 2009.

CRESWELL, J. W. Five Qualitative Traditions of Inquiry. In: CRESWELL, J. W. **Qualitative Inquiry and Research Design: Choosing among Five Traditions**. Thousand Oaks: Sage. 1998. p.47-72.

CRISCUOLO, P.; NARULA, R. A novel approach to national technological accumulation and absorptive capacity: aggregating Cohen and Levinthal. **The European Journal of Development Research**, [S.l.], v. 20, n.1, p. 56–73. mar. 2008.

DAHLMAN, C.J. Technological Change In Industry In Developing Countries: the main trends and the issues they pose for government policy. **Finance & Development**, [S.l.], v.26, n.2, p. 13, jun. 1989.

\_\_\_\_\_; FONSECA, F. V. **From technological dependence to technological development**: the case of the USIMINAS Steel Plant in Brazil. [S.l.], IBD/ECLA Research Programme, 1978. Working paper, n. 21.

\_\_\_\_\_; NELSON, R. Social Absorption Capability: National Innovation Systems and Economic Development. In: KOO, B. H.; PERKINS, D. H. (Eds.). **Social Capability and Long-Term Economic Growth**. London: MacMillan Press, 1995.

\_\_\_\_\_; ROSS-LARSSON, B.; WESTPHAL, L. E. Managing Technological Development: Lessons from the Newly Industrializing Countries. **World Development**, Great Britain, v. 15, n.6, p. 759-775, 1987.

DUARTE JÚNIOR, E. O projeto funcional de uma linha de metrô. **Revista Engenharia**. São Paulo, n.587, p.126-129, mai./jun.2008.

DUTRÉNIT, G. VERA-CRUZ, A.O; NAVARRO, A. A. Diferencias en el perfil de acumulación de capacidades tecnológicas en três empresa Mexicanas. **El Trimestre Económico**, [S.l.], v. 70, n.277, p.109-165, 2003.

FIGUEIREDO, P.N. **Aprendizagem Tecnológica e Performance Competitiva**. Rio de Janeiro: FGV, 2003.

\_\_\_\_\_. Aprendizagem Tecnológica e Inovação Industrial em Economias Emergentes: Uma breve Contribuição para o desenho e Implementação de Estudos Empíricos e Estratégias no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, [S.l.], v.3, n.2, p. 323-361, jul./dez. 2004.

\_\_\_\_\_. Acumulação tecnológica e inovação industrial: conceitos, mensuração e evidências no Brasil. **Revista São Paulo em Perspectiva**, São Paulo, v.19, n.1, p.54-69, jan./mar.2005.

\_\_\_\_\_. Capacidade Tecnológica e Inovação em Organizações de Serviços Intensivos em Conhecimento: evidências de institutos de pesquisa em tecnologias da Informação e da Comunicação (TICs) no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação**, [S.l.], v. 5, n. 2, p. 403 – 454, jul./dez. 2006.

\_\_\_\_\_. Acumulação de Capacidades Tecnológicas em Organizações de Serviços. In: BERNARDES, R.; ANDREASSI, T. (org.) **Inovação em Serviços Intensivos em conhecimento**. São Paulo: Saraiva, 2007. p.325-360.

FLEURY, A. FLEURY, M. T. L. **Aprendizagem e Inovação Organizacional. As experiências de Japão, Coréia e Brasil**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1997.

FREITAS, J.H.Z.; ACCURSO, A.; MATHIAS, I.L. A evolução tecnológica da CMSP e o estado da arte de sistemas de sinalização baseado em comunicação. **Revista Engenharia**, São Paulo, n.587, p.116-124, mai./jun.1998.

FREITAS, J.H.Z.; SECALL, J.M. A tecnologia de automação integral chega na Linha 4 - Amarela . **Revista Engenharia**. São Paulo, n.594, p.138-140, jul./ago./set. 2009.

GALLOUJ F. Economia da Inovação: Um balanço de Debates Recentes. In: BERNARDES, R.; ANDREASSI, T. (Orgs.) **Inovação em Serviços Intensivos em conhecimento**. São Paulo: Saraiva, 2007. p.3-28.

GARCIA, C.T.C.; FIGUEIREDO, P.N. Mudanças em regimes industriais e acumulação de capacidades tecnológicas: evidências de empresas de celulose e papel no Brasil. **Revista Econômica Contemporânea**, Rio de Janeiro, v.13, n.3, p.489-510, set./dez. 2009.

GRILLO, L.C.P.; CORREA, A.H.M. A viagem da tecnologia da construção ao longo dos 30 anos do Metrô. **Revista Engenharia**. São Paulo, n.529, p.88-92, set./out. 1998.

HARTMANN, C.E.L.; GUERRA, W.; BELLI, E. Tecnologia do novo Centro de Controle. **Revista Engenharia**. São Paulo, n.529, p.106-109, set./out. 1998.

HOBDAI, M. East versus Southeast Asian Innovation Systems: Comparing OEM – and TNC-led Growth in Electronics. In: KIM, L., NELSON, R.N. **Technology, Learning & Innovation: Experiences of Newly Industrializing Economies**. USA: Cambridge University Press, 2000. p. 129-169.

JUNQUEIRA FILHO, L. M. O Que é um Metrô. **Revista do Instituto de Engenharia**. São Paulo, n.469, p.24-33, jun./ago.1988.

KATZ, J. The Dynamics Technological Learning during the Import-Substitution Period and Recent Structural Changes in Industrial Sector of Argentina, Brazil and Mexico. In: KIM, L., NELSON, R.N. **Technology, Learning & Innovation: Experiences of Newly Industrializing Economies**. USA: Cambridge University Press, 2000. p. 307-334.

KIM, L. The dynamics of Samsung's technological learning in semiconductors. **California Management Review**, [S.l.], v. 39, n.3, p. 86-100, spring. 1997.

\_\_\_\_\_. Crisis construction and organizational learning: capability building in catching-up at Hyundai Motor. **Organization Science**, [S.l.], v. 9, n.4, p. 506-521, jul./aug. 1998.

\_\_\_\_\_. **Da imitação à inovação: a dinâmica do aprendizado tecnológico na Coréia**. Campinas: Unicamp, 2005.

LABATE, E. D.; ALOUCHE, P.L. A importância dos metrô nas grandes metrópoles do mundo. **Revista Ferrovia**, São Paulo, n.164, p.46-60, set.2010.

LALL, S. Technological capabilities and industrialization. **World Development**, Great Britain, v. 20, n.2, p. 165-186, 1992.

\_\_\_\_\_. Technological Change and Industrialization in the Asian Newly Industrializing Economies: Achievements and Challenges. In: KIM, L., NELSON, R.N. **Technology, Learning & Innovation: Experiences of Newly Industrializing Economies**. USA: Cambridge University Press, 2000. p. 13-68.

LEONARD-BARTON, D. Core Capabilities and Core Rigidities: A paradox in Managing New Product Development. **Strategic Management Journal**, [S.l.], v. 13, p. 111-125, summer 1992.

\_\_\_\_\_. **Wellsprings of Knowledge – Building and Sustaining the sources of innovation**. USA: Harvard Business School, 1995.

LEVITT, B. ; MARCH, J.G. Organizational Learning. **Annual Review of Sociology**, [S.l.], v.14, p.319-340, Aug. 1988.

MARTINS, G.A. **Estudo de Caso – Uma estratégia de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2006.

MAXWELL, P.; TEUBAL, M. **Capacity-stretching technical change: some empirical and theoretical aspects.** [S.l.] ECLA/IDB/IDCR/UNDP Research Programme on Scientific and Technological Development in Latin America, 1980. Working Paper 36.

METRÔ. **Relatório da Diretoria 1973.** São Paulo: Metrô, 1974

\_\_\_\_\_. **Annual Report 1983.** São Paulo: Metrô, 1984.

\_\_\_\_\_. **Relatório da Administração 1984.** São Paulo: Metrô, 1985.

\_\_\_\_\_. **Relatório Anual da Diretoria de Operação 1987.** São Paulo: Metrô, 1988.

\_\_\_\_\_. **Relatório da Diretoria de Operação 1990.** São Paulo: Metrô, 1991.

\_\_\_\_\_. **Relatório da Administração 1993.** São Paulo: Metrô, 1994.

\_\_\_\_\_. **Relatório da Administração 1996.** São Paulo: Metrô, 1997.

\_\_\_\_\_. **Relatório Operacional 1999.** São Paulo: Metrô, 2000a.

\_\_\_\_\_. **Relatório da Administração 1999.** São Paulo: Metrô, 2000b.

\_\_\_\_\_. **Relatório da Administração 2001.** São Paulo: Metrô, 2002.

\_\_\_\_\_. **Relatório da Administração 2003.** São Paulo: Metrô, 2004.

\_\_\_\_\_. **Relatório da Administração 2004.** São Paulo: Metrô, 2005.

\_\_\_\_\_. **Relatório da Administração 2006.** São Paulo: Metrô, 2007.

\_\_\_\_\_. **Relatório da Administração 2008.** São Paulo: Metrô, 2009.

\_\_\_\_\_. **Por Dentro da Operação 2009.** São Paulo: Metrô, 2010a.

\_\_\_\_\_. **Relatório da Administração 2009**. São Paulo: Metrô, 2010b.

\_\_\_\_\_. **Pesquisa geral no site**. Disponível em <<http://www.metro.org.br>>. Acesso em 01 mai. 2011.

MILES, M. B., HUBERMAN, A. M. Focusing and Bounding the Collection of Data. In: \_\_\_\_\_. ; \_\_\_\_\_. **Qualitative data analysis: an expanded sourcebook**. 2 ed. Thousand Oaks: Sage, 1994. p.16-39.

MIRANDA, E. C.; FIGUEIREDO, P.N. Dinâmica da acumulação de capacidades inovadoras: evidências de empresas de software no Rio de Janeiro e em São Paulo. **Revista Administração de Empresas**, São Paulo, v.50, n.1, jan./mar. 2010.

NONAKA I.; TAKEUCHI, H. **Criação de Conhecimento na Empresa: Como as Empresas Japonesas Geram a Dinâmica da Inovação**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

QUEIROZ, S. Aprendizado Tecnológico. In: PELAEZ, V.; SZMRECSÁNYI, T.(Org.) **Economia da Inovação Tecnológica**. São Paulo: HUCITEC Ordem dos Economistas do Brasil, 2006, p. 193-211.

REVISTA ENGENHARIA. São Paulo: ano 56, n.529, set./out. 1998.

REVISTA ENGENHARIA. São Paulo: ano 65, n.587, mai./jun. 2008.

REVISTA ENGENHARIA. São Paulo: ano 66, n.594, jul./ago./set. 2009.

SCAGLIONE, N.C. Processo de Melhoria Contínua dos Serviços de Manutenção. **Revista Engenharia**. São Paulo, n.529, p.85-87, set./out.1998.

STAL, E. A inovação como Alavanca para a Internacionalização: O Caso Microsiga. In: BERNARDES, R.; ANDREASSI, T. (Org.) **Inovação em Serviços Intensivos em conhecimento**. São Paulo: Saraiva, 2007. p.387-410.

\_\_\_\_\_. ; CAMPANÁRIO, M. O Paradigma Eclético e a Atratividade dos Países Emergentes: uma Análise da Lei de Informática Brasileira. In: Encontro da ANPAD, 32., 2008, Rio de Janeiro. **Anais:...** Rio de Janeiro: ANPAD, 2008.

TACLA, C. L. **Acumulação de competência tecnológica e os processos subjacentes de aprendizagem na indústria de bens de capital: o caso da Kvaerner Pulping no Brasil.** 229 f. Dissertação (Mestrado em Administração). Curso de Mestrado Executivo, Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas - Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 2002

TACLA, C.L; FIGUEIREDO, P. N. Processos de aprendizagem e acumulação de competências tecnológicas: evidências de uma empresa de bens de capital no Brasil. **Revista de Administração Contemporânea**, Curitiba, v.7, n.3, p101-126, jul./set. 2003.

TEECE, D.J.; PISANO, G.; SHUEN, A. Dynamic Capabilities and Strategic Management. **Strategic Management Journal**, [S.l.], v. 18, n.7. p. 509-533, aug./1997.

TIMÓTEO, C.A.F. Vantagens da nova sinalização CBTC. **Revista Engenharia**, São Paulo, n.594, p.130-131, jul./ago./set. 2009.

\_\_\_\_\_.; GUERRA, W. Sistema de sinalização com tecnologia CBTC: uma solução para a redução do intervalo entre os trens. **Revista Engenharia**, São Paulo, n.587, p.151-152, mai./jun. 2008.

VEDOVELLO, C; FIGUEIREDO, P. N, **Capacidade Tecnológica Industrial e Sistema de Inovação.** Rio de Janeiro: FGV, 2006.

VARGAS, E. R.; ZAWISLAK, P.A. A dinâmica da Inovação em Serviços Hospitalares. In: BERNARDES, R.; ANDREASSI, T. (Orgs.) **Inovação em Serviços Intensivos em conhecimento.** 1.ed. São Paulo: Saraiva, 2007. p.483-502.

VARGAS, E. R. Serviços, Inovação e Desenvolvimento Local. **Revista de Economia Política de las tecnologías de la informacion e comunicacion.** [S.l.], v. 11, n.1, jan./abr. 2009.

VIÉGAS, R. O Metrô e o Intercâmbio Tecnológico. **Revista Engenharia**, São Paulo, n.529, p.127-129, set./out.1998.

VIEIRA, M. M. F. Por Uma Boa Pesquisa (Qualitativa) em Administração. In: VIEIRA, M. M. F., ZOUAIN, D. M. (Eds.). **Pesquisa Qualitativa em Administração.** Rio de Janeiro: FGV, 2004. p.13-28.

YIN, Robert K. **Estudo de Caso – Planejamento e Métodos**. São Paulo: Bookman, 2005.

## APÊNDICE A

### ROTEIRO PARA ENTREVISTAS

<b>Questões</b>	<b>Objetivo</b>
Ano em que começou a trabalhar na empresa?	-Determinação da Trajetória.
Função (ões) que desempenha (ou) na empresa?	-Determinação da Trajetória.
Iniciou sua carreira na empresa? Em caso positivo, em que áreas trabalhou? Se não, quais as funções desempenhadas nas outras empresas em que trabalhou?	-Determinação da Trajetória; -Aquisição de Saber Externo ( <i>learning by hiring</i> ). -Aquisição de Saber Interno. ( <i>learning by training e learning by doing</i> ).
Você está inserido em uma programação anual ou semestral de treinamentos organizados pela empresa? Os treinamentos permitem atualizar a base de conhecimento necessária a sua área de atuação?	- 04 características dos processos de aprendizagem (Variedade, Funcionamento, Intensidade e Interação).
Quais os projetos que participou ao longo de sua carreira na empresa? Quais foram suas responsabilidades neste projeto? Qual a abrangência e duração destes projetos?	-Determinação da Trajetória.
Realizou algum treinamento técnico para participar dos projetos? O treinamento foi realizado dentro ou fora da empresa? Participou de grandes projetos da empresa?	-Aquisição de Saber Externo. ( <i>learning by training e, troca de experiências com especialistas externos</i> ). -Aquisição de Saber Interno. ( <i>learning by training</i> ).

<b>Questões</b>	<b>Objetivo</b>
As equipes dos projetos em que participou eram formadas apenas por funcionários internos? Houve participação de consultores e especialistas externos e em caso positivo, qual o papel dos consultores ou especialistas externos no projeto? Ocorreu a aprendizagem e aplicação de ferramentas de gestão de projetos?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinação da Trajetória</li> <li>- Aquisição de Saber Externo.</li> </ul> <i>(troca de experiências com especialistas externos, reuniões do projeto, brainstorming).</i>
Algum projeto em que participou foi desenvolvido com apoio de faculdades, governo, fornecedores subcontratados ou outras empresas?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinação da Trajetória</li> <li>- Aquisição de Saber Externo.</li> </ul> <i>(troca de experiências com especialistas externos, reuniões do projeto, brainstorming).</i>
Quais os pontos positivos e as dificuldades encontradas na realização de cada projeto? O que pôde ser aprendido com os projetos de que participou? O que foi aprendido e pôde ser aplicado em projetos posteriores?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinação da Trajetória.</li> <li>- 04 características dos processos de aprendizagem (variedade, interação, intensidade e funcionamento).</li> </ul>
Já participou como multiplicador de conhecimentos gerados com a realização do projeto? Em caso positivo, qual a abrangência desta atividade de multiplicação do conhecimento?	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinação da Trajetória.</li> <li>- Socialização do Conhecimento</li> </ul> <i>(Ministrou Programas de Treinamento formais e on the job, baseados em mecanismos de learning by doing e learning by training).</i>

<b>Questões</b>	<b>Objetivo</b>
<p>O conhecimento gerado a partir dos projetos desenvolvidos encontra-se na forma de normas, procedimentos, documentos, registros ou instruções de trabalho? Quem participou da elaboração desta documentação? Como foram feitos os treinamentos aos funcionários no que se refere a esta documentação?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinação da Trajetória</li> <li>- Codificação do Saber.</li> </ul> <p><i>(Padronização de métodos para o desenvolvimento de atividades através de documentos, procedimentos e registro; nível de abrangência e acesso a esta base de conhecimentos padronizados).</i></p>
<p>Os projetos de que participou utilizaram a base de conhecimento gerada em projetos anteriores? A definição destes projetos levou em conta a base tecnológica desenvolvida com os projetos anteriormente realizados? Existem ferramentas institucionalizadas que permitem um feedback em relação à eficácia e eficiência dos projetos desenvolvidos?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinação da Trajetória</li> <li>- Socialização</li> </ul> <p><i>(Programas de Treinamento para preparação dos participantes para execução de projetos, learning by system performance feedback).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Codificação do Saber.</li> </ul> <p><i>(Utilização de conhecimento padronizado referente ao desenvolvimento de atividades; nível de abrangência e acesso a esta base de conhecimentos padronizados).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aspectos relacionados aos paradigmas tecnológicos.</li> </ul>
<p>Já participou de algumas visitas técnicas em outras empresas do mesmo segmento? Já realizou visitas em outras empresas com o objetivo de Benchmarking? Já recebeu visitas de outras empresas com objetivo de Benchmarking?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinação da Trajetória.</li> <li>- Aquisição de Saber Externo.</li> </ul> <p><i>(troca de experiências com especialistas externos, reuniões do projeto, brainstorming).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 04 características dos processos de aprendizagem (variedade, interação, intensidade e funcionamento).</li> </ul>

<b>Questões</b>	<b>Objetivo</b>
<p>As atividades que já realizou e que desempenha atualmente dependem de auxílio técnico de profissionais externos?</p> <p>A empresa possui sistema de gestão ISO9000 ou referentes a outras certificações? Quando foi implementado? Você participou do projeto de implantação deste sistema de gestão? O processo de implementação dependeu de auxílio de profissionais e especialistas externos?</p>	<p>- Determinação da Trajetória.</p> <p>- 04 características dos processos de aprendizagem (variedade, interação, intensidade e funcionamento).</p>
<p>Em sua área de atuação, participa de atividades junto a equipes multidisciplinares? Qual a frequência de reunião deste grupo? O trabalho em equipe contribuiu para troca de experiências? A participação em grupos de trabalho contribuiu para multiplicação de conhecimentos adquiridos através de treinamentos? A experiência com atividades desenvolvidas em grupos de trabalho multidisciplinares possibilitou sua contribuição com sugestões de melhoria em atividades e projetos?</p>	<p>- 04 características dos processos de aprendizagem (Variedade, Funcionamento, Intensidade e Interação).</p>
<p>Participa ou já participou de atividades relacionadas à <i>job rotation</i>, treinamentos <i>on the job</i>? Existe uma frequência definida de realização destas iniciativas ou são feitas de forma pontual? A organização destas iniciativas segue programações estabelecidas para treinamentos oferecidos pela empresa?</p>	<p>- 04 características dos processos de aprendizagem (Variedade, Funcionamento, Intensidade e Interação).</p>

**APÊNDICE B****FORMULÁRIO DE AUTORIZAÇÃO****FORMULÁRIO DE AUTORIZAÇÃO**

Autorizo a realização de entrevistas junto aos funcionários da Companhia Metropolitana de São Paulo, com o objetivo de realizar a pesquisa intitulada *Acumulação de Competências Tecnológicas e Processos de Aprendizagem Tecnológica no Setor de Serviços Públicos: O Caso do Metrô de São Paulo*, referente ao Mestrado do PMDA da Universidade Nove de Julho - Uninove do aluno Ricardo Cesso da Silva.

Dados sobre a pesquisa:

- O objetivo desta pesquisa é verificar os processos de aprendizagem que ocorreram no Metrô de São Paulo, no período compreendido entre 1974 e 2009, bem como sua influência na construção de competências tecnológicas para a empresa.
- Pesquisador: Ricardo Cesso da Silva, aluno de Mestrado do PMDA da Universidade Nove de Julho - Uninove.
- A participação dos funcionários entrevistados será voluntária e a entrevista será gravada, para permitir a transcrição e análise dos dados coletados.
- O nome dos entrevistados não será divulgado em qualquer fase da pesquisa, que será realizada sem qualquer ônus para o entrevistado e o entrevistador. Apenas o nome da empresa será divulgado.

Desta forma autorizo a participação dos funcionários na forma descrita neste formulário para realização da pesquisa acima mencionada.

São Paulo,                      de                      de 20

---

**COMPANHIA METROPOLITANA DE SÃO PAULO**

**APÊNDICE C****FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO****FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Gostaríamos de convidá-lo a colaborar com a pesquisa intitulada *Acumulação de Competências Tecnológicas e Processos de Aprendizagem Tecnológica no Setor de Serviços Públicos: O Caso do Metrô de São Paulo*, referente ao Mestrado do PMDA da Universidade Nove de Julho - Uninove do aluno Ricardo Cesso da Silva.

Dados sobre a pesquisa:

- O objetivo desta pesquisa é verificar os processos de aprendizagem que ocorreram no Metrô de São Paulo, no período compreendido entre 1974 e 2009, bem como sua influência na construção de competências tecnológicas para a empresa.
- Pesquisador: Ricardo Cesso da Silva, aluno de Mestrado do PMDA da Universidade Nove de Julho – Uninove.

Premissas para sua participação:

- Antes de iniciar a entrevista, o pesquisador esclarecerá o objetivo da pesquisa, bem como qualquer dúvida do entrevistado em relação ao tema.
- Sua participação consiste em conceder uma entrevista em torno de uma hora e meia de duração, referente ao tema de pesquisa descrito acima.
- Seu nome não será divulgado em qualquer fase da pesquisa, que será realizada sem qualquer ônus para o entrevistado e o entrevistador. Apenas o nome da empresa será divulgado.
- Sua participação é voluntária, não sendo obrigatório responder a todas as questões e podendo, inclusive solicitar interrupção ou cancelamento de sua participação ao término da entrevista, se assim desejar.

Confirmo que o pesquisador explicou-me os objetivos e esclareceu todas as dúvidas sobre esta pesquisa, bem como a forma de minha participação. Após ler e entender os termos deste formulário de consentimento, eu concordo em conceder a entrevista, de forma a participar como voluntário desta pesquisa.

São Paulo,        de        de 20

---

Nome do Entrevistado: