

O Patinho Feio como construção sociotécnica

Marcia de Oliveira Cardoso

Universidade Federal do Rio de Janeiro
Mestrado em Informática

Fernando Manso
PhD

Folha de Aprovação

O Patinho Feio como construção sociotécnica

Marcia de Oliveira Cardoso

Dissertação submetida ao corpo docente do Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio de Janeiro – IM/UFRJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre.

Aprovada por:

Prof. Fernando Manso - PhD - Orientador

Prof. Carlos Alvarez Maia – Dsc.

Prof. Cláudio Zamitti Mammana – Dsc.

Prof. Ivan da Costa Marques - PhD

UFRJ/IM/NCE

2003

Ficha Catalográfica

Cardoso, Marcia de Oliveira.

O Patinho Feio como construção sociotécnica/ Marcia de Oliveira Cardoso. Rio de Janeiro: UFRJ/IM/NCE, 2003.

vii, 139 p.; il.

Dissertação (Mestrado) – UFRJ, Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, 2003. Orientador: Fernando Manso.

1. Estudos de Ciência e Tecnologia. 2. Teoria ator-rede.
3. História da Computação. 4. Patinho Feio. 5. Tese.
I. Orientador. II. Universidade. III. Título.

Dedicatória

*Aos amados
Moacyr, Taís e Thales.*

Agradecimentos

Muitos foram os que contribuíram direta ou indiretamente para este trabalho. Mas gostaria de tornar público meu agradecimento aos seguintes atores-rede:

Professor Fernando Manso pela sua forma de conduzir a supervisão deste trabalho.

Aos professores da Escola Politécnica, entre eles:

Professoras Edith Ranzini e Maria Alice Varella, pelo empenho com que me ajudaram a confeccionar uma primeira lista de participantes; Professor Antônio Marcos de Aguirra Massola, cujas lembranças enriqueceram estas páginas e me ajudaram a desenhar uma história para o Patinho Feio; Professor Edson Fregni, cujas respostas ao meu extenso questionário contribuíram decisivamente para o fechamento desta história; Professor João José Neto de cuja entrevista extrai informações valiosas sobre a construção do Patinho Feio; Professor Oswaldo Fadigas, que contribuiu para o preenchimento das lacunas existentes neste trabalho; Professor Victor Mammana de Barros, que pacientemente contribuiu e enriqueceu esta história.

Ao professor Glen Langdon, da Universidade da Califórnia, que descreveu a sua relação com o Patinho Feio na língua portuguesa.

Ao professor Cláudio Zamitti Mammana, do Instituto de Física da USP, pelo conteúdo de sua entrevista – um quadro histórico da informática no Brasil.

Aos funcionários da Escola Politécnica, que me ajudaram a entrar em contato com os professores entrevistados e à biblioteca da Escola Politécnica pela doação do livro “Escola Politécnica: Cem anos de tecnologia brasileira”.

Aos Guido Stolfi e Egmont Shimizu. Guido, foi contatado quando a história do sintetizador chegou em minhas mãos. Através dele, conheci Egmont Shimizu, sem o qual não teria completado algumas etapas deste trabalho.

Professor Ivan da Costa Marques, pelas sugestões dadas para o fechamento desta dissertação.

Aos familiares e amigos, por compartilharem seus momentos comigo.

Marcia de Oliveira Cardoso

Resumo

CARDOSO, Marcia de Oliveira. **O Patinho Feio como construção sociotécnica**. Orientador: Fernando Manso. Rio de Janeiro: UFRJ/IM/NCE, 2003. Dissertação (Mestrado).

O minicomputador Patinho Feio foi projetado e montado no início da década de 70 na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Com 4 Kbytes de memória, ele era composto de 45 placas de circuito impresso dispostas em um gabinete do tamanho aproximado de um *frigobar*.

Este trabalho apresenta a construção do Patinho Feio como resultado da dinâmica das relações entre elementos humanos e não-humanos envolvidos no processo desta construção. Tal dinâmica – uma seqüência de micro-ciclos de concepção/adoção – é, por sua vez, resultado dos momentos de convergência entre atores e técnicas em processos de negociações constantes. Este trabalho escolhe o momento da criação de novos cursos de pós-graduação como porta de entrada da narrativa, efetuando um “retorno no tempo”. Neste momento, é possível descrever o recrutamento dos atores que poderão tomar parte da dinâmica do processo de construção do computador. Após a apresentação de uma lista inicial de atores e dos vínculos que entre eles vão se estabelecendo para dar forma e coerência ao Patinho Feio, serão descritos pequenos ciclos de concepção/adoção das partes (coisas e pessoas) que irão compor o computador. Nestes ciclos será possível visualizar escolhas, abandono de idéias e novos recrutamentos resultantes das negociações necessárias para que o Patinho Feio adquirisse a estabilidade relativa de um artefato.

Após a sua construção, o Patinho Feio fez parte do parque computacional da EPUSP como um computador experimental para os alunos de graduação. Hoje, ele encontra-se em um pequeno museu organizado no prédio da administração da EPUSP.

Abstract

CARDOSO, Marcia de Oliveira. **O Patinho Feio como construção sociotécnica**. Orientador: Fernando Manso. Rio de Janeiro: UFRJ/IM/NCE, 2003. Dissertação (Mestrado).

The minicomputer Patinho Feio was projected in the beginning of 1970 in the Escola Politécnica, São Paulo University. The Patinho Feio had 45 printed circuit boards disposed in a cabinet with the approximate size of a small refrigerator and 4 Kbytes of memory.

This paper presents the construction of Patinho Feio as a result of the dynamics of the relations between human and non-human elements. Such dynamic – a sequence of micro cycles of conception and adoption – it is, in turn, the result of the moments of convergence between actors and techniques in a constant process of negotiation. This paper carries us back through time, choosing the institution of the new pos-graduation courses as the entrance of the narrative. At this moment, it is possible to describe the recruitment of the actors that can be involved in the process of the construction. After the presentation of the actor's list initial and the links that will be established between them that will give the Patinho Feio shape, this paper will describe micro cycles of the conception and adoption of the parts (things and people) that composed the computer. In these cycles, it will be possible to visualize choices, abandonment of ideas and new recruitment, as a result of negotiations so that the Patinho Feio acquired a relative stability as an artifact.

After its construction, the Patinho Feio was part of the computational park of the EPSUP, as an experimental computer for the graduation students. Nowadays it is in a small museum at the EPUSP.

Sumário

Introdução.	2
1. Uma tradução da teoria ator-rede.	9
2. Um projeto de um minicomputador como construção sociotécnica.....	19
2.1 Fragmentos da história – Movimentos em cena.....	21
2.2 Recrutamento – uma lista inicial de atores.....	29
2.3 Concepção-adoção de um minicomputador.....	42
2.4 O batizado do projeto de sistemas digitais.	50
3. O Patinho Feio como construção sociotécnica.	55
3.1 Pequenos ciclos de concepção-adoção.	67
A escolha da memória.	68
Unidade de controle, memória e outras redes.	72
Novos atores, novos ciclos: oficina de circuito impresso, padronização e recursos auxiliares.....	85
A UCP e o painel na visão do programador.	90
A implementação do software e os dispositivos de entrada e saída.....	94
3.2 Virando Cisne – Parte 1.....	99
3.3 Virando Cisne – Parte 2: fragmentos e re-concepções.....	105
Concluindo.	114
Referências.....	128
Anexos.....	134
Anexo I.	134

Introdução.

“Há antigas catedrais que, à parte seus propósitos sagrados, inspiram solenidade e respeito. Mesmo o visitante curioso fala, dentro dela, de coisas sérias em voz baixa, e à medida que cada suspiro reverbera pela abóbada da nave, o eco que volta parece trazer uma mensagem de mistério. O trabalho de gerações de arquitetos e artesãos já foi esquecido, os andaimes erguidos para os seus trabalhos há muito foram removidos, seus erros foram apagados ou ficaram escondidos pela poeira dos séculos. Olhando apenas a perfeição da obra acabada, nós nos sentimos como se diante de um agente sobre-humano. Mas algumas vezes nós entramos em um tal edifício que ainda está em construção; então o som dos martelos, o cheiro forte do tabaco, os gestos triviais trocados entre os trabalhadores nos dão a perceber que essas grandes estruturas não são senão o resultado de dar ao esforço do homem comum uma direção e um propósito”. (LEWIS, apud MAMMANA, 1990)

Em 4 de outubro de 1984 o Congresso Nacional aprovou a Lei de Informática. Sob o número de 7.232, esta lei, chamada Política Nacional de Informática - PNI, definia instrumentos que incluíam o controle de importação de bens e serviços da área de computação pelos próximos oito anos, objetivando a capacitação nacional nas atividades desta área. Através deste ato, o Congresso reforçava legalmente a chamada reserva de mercado de informática, iniciada alguns anos antes através de portarias da Capre¹.

A partir de 1990 houve redução da área de atuação da reserva de mercado e o cancelamento de incentivos fiscais. Este processo culminou com o envio, pelo governo Collor, de propostas para a revogação da Lei 7.232 e que resultaram na aprovação de um novo instrumento para a regulamentação da informática em 1993.²

¹ Comissão de Coordenação das Atividades de Processamento Eletrônico, cuja principal função era disciplinar e organizar a utilização de computadores no âmbito do governo federal (ROZENTHAL; MEIRA, 1995, p.29).

² Ver (ROZENTHAL; MEIRA, 1995) para uma revisão deste período.

Os movimentos que levaram à aprovação da lei de informática foram iniciados no final da década de 60, embalados pelas condições favoráveis oferecidas pela nova política governamental, denominada Plano Estratégico de Desenvolvimento. Este Plano Estratégico havia sido sancionado pelo governo do general Costa e Silva em 1967 e, segundo Vera Dantas (1988, p. 42), “abriu espaço para a ciência e tecnologia”. O advento desta política e a preocupação com os efeitos da dependência tecnológica, principalmente na área de tecnologia da informação, criavam incentivos para novas pesquisas que permitissem alcançar uma capacitação tecnológica nesta área. Até então, os usuários brasileiros, principalmente os do setor bancário, utilizavam os computadores desenvolvidos por empresas multinacionais. Estes computadores, como no texto citado por Cláudio Zamitti Mammana (1990, p.13), do físico-químico G. N. Lewis, que inicia este trabalho, traziam “uma mensagem de mistério” e “algo sobre-humano”³. Além disto, a perspectiva de trabalho para os recém-formados engenheiros eletrônicos era a área de vendas destas empresas multinacionais⁴.

Durante os anos 70, as universidades brasileiras se empenhavam em criar condições favoráveis para que professores e alunos de pós-graduação pudessem efetivamente desenvolver produtos para a área de computação. A comunidade acadêmica investia na criação de laboratórios especializados e de novos cursos de pós-graduação para suprir as carências de estudo e desenvolvimento de novas tecnologias no país. Auxiliando este nicho acadêmico, desde o início da década de 60 o Banco Nacional de Desenvolvimento (BNDE)⁵ contribuía com três por cento de seu orçamento de investimentos para um fundo que fomentava projetos tecnológicos. Segundo Vera Dantas (1988, p. 40), o primeiro projeto financiado por este fundo, chamado Funtec 1, permitiu que o professor Alberto Luiz “Coimbra instalasse o primeiro curso de pós-graduação em engenharia química do país, dando origem a Coppe”⁶. Por volta de 1968, para incrementar os incentivos para o desenvolvimento tecnológico, o BNDE estimulou a construção de um computador para a Marinha, reunindo representantes das duas

³ Segundo Marcos Dantas (1989, p.18), o computador exercia um fascínio no usuário brasileiro, que ficava como que enfeitiçado diante do mesmo.

⁴ Esta afirmação está contida nas entrevistas de Cláudio Mammana, entre outros. Também ela é citada no livro de Marcos Dantas (1989, p.17).

⁵ No final da década de 70 a sigla BNDE seria transformada em BNDES, com a mudança de seu nome para Banco Nacional de Desenvolvimento e Social.

instituições – BNDE e Marinha do Brasil. Esta integração se refletiu com a criação de um grupo chamado Grupo de Trabalho Especial (GTE). O projeto de desenvolvimento do computador para a Marinha recebeu inicialmente o nome de Funtec 111 para mais adiante ficar conhecido como projeto G-10. Como administrador do projeto, o GTE se dispôs a encontrar grupos capacitados para tal tarefa nos centros de pesquisas. O desenvolvimento deste projeto em conjunto com instituições acadêmicas era visto, segundo Evans (EVANS, *apud*, ROZENTHAL; MEIRA, 1995, p. 210), “como o primeiro e decisivo passo na direção de se assentar uma nova indústria sobre uma base de integração entre os sistemas produtivos e científico-tecnológicos”.

Este quadro geral concorreu para que a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo iniciasse o seu próprio projeto para a construção de um sistema digital – o Patinho Feio.

O Patinho Feio foi um minicomputador⁷ desenvolvido, no início da década de 70, pelo Laboratório de Sistemas Digitais - LSD⁸. O minicomputador possuía uma memória de 4.096 palavras de 8 bits⁹ e era composto de 45 placas de circuito impresso e 5 mil pinos interligados através da técnica *wire-wrap*.¹⁰ (LSD, 1972).

O Laboratório de Sistemas Digitais, criado em 1968, pertencia ao departamento de Engenharia de Eletricidade da EPUSP. Suas funções principais eram realizar estudos na área de sistemas digitais e cooperar com os programas de pós-graduação. Em 1968, entre os primeiros integrantes do laboratório estavam os professores Antônio Hélio Guerra Vieira – chefe do laboratório, Antônio Marcos de Aguirra Massola e Nelson Zuanella. Com o passar do tempo e com as primeiras pesquisas obtendo resultados satisfatórios, o LSD atraiu a atenção de novos integrantes, entre eles, Lucas Antônio Moscato, Francisco José de Oliveira Dias e Paulo Patullo. Mais tarde, novos formandos estariam na equipe do LSD que

⁶ Coordenação dos Programas de Pós-Graduação de Engenharia, hoje é o Instituto Alberto Luiz Coimbra de pós-graduação e pesquisa de Engenharia.

⁷ “Aparentemente o termo minicomputador surgiu durante uma entrevista dada pelo então diretor da DEC na Inglaterra, John Leng. Nesta entrevista, para uma revista de negócios, ele declara: “Here is the latest minicomputer activity in the land of miniskirts as I drive around in my [Austin] Mini Minor””. A partir desta data o termo virou jargão nos corredores da DEC. (Referência: PDP8).

⁸ LSD – Hoje é o departamento de Computação e Sistemas Digitais (PCS).

⁹ Do inglês *binary digit* – Dígito binário: unidade mínima de informação; por conseguinte, é também a mínima informação a transmitir. Um bit pode ter o valor de “0” ou “1”. (Enciclopédia Universal).

¹⁰ Técnica de “fio enrolado” muito utilizada em telefonia. Consiste em enrolar o fio em pinos de seção quadrada com ferramentas especiais. Este formato de pino evita que o fio enrolado se solte.

construiria o Patinho Feio. Entre estes formandos estavam: Edith Ranzini, Edson Fregni, Célio Ikeda, Sidnei Martini e Victor Mammana de Barros.

O desenvolvimento do projeto foi iniciado em junho de 1971 e durou aproximadamente um ano. Durante a construção do projeto, a equipe de desenvolvimento recebeu o reforço de novos participantes, entre alunos de graduação e engenheiros recém-formados. Na lista destes novos participantes estavam os nomes de João José Neto, Stephan Kovack, Wilson Ruggiero, Selma Shimizu, José Benício de Souza e Flávio Meirelles.

Em julho de 1972, a EPSUP e o LSD “inauguraram” o Patinho Feio em uma cerimônia ocorrida dentro do departamento de engenharia de eletricidade. Para esta cerimônia, o departamento convidou jornalistas e personalidades do cenário político brasileiro, como o então governador do estado de São Paulo, Laudo Natel.

Durante os próximos oito anos, o minicomputador auxiliaria em pesquisas na área de sistemas digitais e no treinamento de professores e alunos dos cursos de graduação oferecidos pela EPUSP. Ao longo destes anos o Patinho Feio sofreu modificações na sua configuração original que incluíram acréscimos em sua quantidade de memória e a incorporação de novos dispositivos de E/S¹¹.

Hoje, o Patinho Feio está desativado, liberado de sua função educacional, e encontra-se exposto para visitação pública no prédio da administração da Escola Politécnica da USP.

Este trabalho apresenta uma descrição da construção do Patinho Feio segundo a teoria ator-rede, mais especificamente, tal qual ela é apresentada por Michel Callon (CALLON, 1995). Assim sendo, a construção será vista como resultado da dinâmica das relações entre os elementos envolvidos no processo, sendo essa dinâmica, por sua vez, resultado de decisões que por sua vez são resultados das negociações entre os elementos envolvidos. Para se colher registros dessa dinâmica Latour recomenda “uma volta no tempo e no espaço” (LATOUR, 1987, p. 4). Como na epígrafe (LEWIS, *apud*, MAMMANA, 1961) desta introdução, entrarei no Patinho em construção, “observando” as tarefas da equipe que o

desenvolveu, “escutando” o desenrolar de suas conversas, onde será possível encontrar cientistas e engenheiros negociando as primeiras formas do minicomputador. Para efetuar esta entrada, escolhi como momento inicial da construção do Patinho Feio, o início do funcionamento do LSD e criação de novos cursos de pós-graduação na EPUSP. Esta metodologia é o objeto do próximo capítulo.

O próximo capítulo apresenta a teoria ator-rede. Esta apresentação estará baseada em um modelo apresentado por Michael Callon (1995, pp. 307-330) para o estudo da dinâmica dos processos tecnológicos. Neste texto, Callon apresenta ferramentas para uma análise do desenvolvimento de uma tecnologia.

O capítulo seguinte está subdividido em quatro itens. No primeiro item, situarei a construção do Patinho Feio no tempo e no espaço, apresentando alguns fatos históricos pertinentes à situação, tais como, a criação do curso de Engenharia de Eletricidade; a criação do LSD; os recursos utilizados pela USP para a contratação de professores estrangeiros e a criação do Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, que possibilitou a construção do G-10. Em seguida, no próximo item, apresentarei uma lista inicial de atores envolvidos com as primeiras negociações para o desenvolvimento do projeto de sistemas digitais no LSD. Descrevo o processo de criação de uma nova cadeira de pós-graduação, voltada para a aprendizagem de arquitetura de computadores. Nesta descrição, cito a primeira versão do Patinho Feio, resultante dos trabalhos finais desta recém-criada cadeira. Alguns destes atores listados inicialmente não participarão efetivamente da construção do Patinho Feio. O item subsequente revela os movimentos iniciais para viabilizar a construção do minicomputador dentro da Escola Politécnica. Neste item, a anunciada existência do projeto de construção do computador para a Marinha e a possibilidade das instituições de pesquisa participarem deste projeto são utilizados como argumentos de convencimento de possíveis aliados. O último item deste capítulo descreverá alguns acontecimentos que contribuíram para o batismo do projeto – de computador do LSD para Patinho Feio.

O capítulo subsequente apresentará o Patinho Feio como uma construção sociotécnica. A equipe de desenvolvimento é dividida conforme a

¹¹ Dispositivos de Entrada/Saída, tais como: impressora, leitora de fita de papel, unidades de fita, etc.

divisão básica de um computador: memória, unidade aritmética, unidade de controle e unidades de entrada e saída. Neste capítulo, a construção do Patinho Feio evolui em pequenos ciclos de concepção e adoção das técnicas que o constituíram. Nestes ciclos, serão visualizadas negociações que contribuíram para a adoção de cada objeto dos ciclos e o abandono de determinadas idéias em prol do alcance dos acordos necessários para que o Patinho Feio saísse do papel.

Alguns fatores me levaram a construir esta história. O primeiro foi motivado pelo inusitado nome com o qual o projeto ficou conhecido: Patinho Feio. Que motivos levariam uma equipe de engenheiros eletrônicos a batizarem um projeto de computador com o título de uma história infantil¹²? Um outro motivo para esta dissertação está na tentativa de resgatar as diversas histórias que compõem o esforço efetuado nas décadas de 70 e 80 para o desenvolvimento da informática no Brasil. Embora, o Patinho Feio seja citado tanto em artigos¹³ e livros¹⁴ que descrevem momentos da história da informática no país¹⁵, neles não existe registro das eventuais dificuldades e soluções com as quais a equipe de desenvolvimento do projeto se deparou em sua trajetória. Além disto, a documentação do Patinho Feio ficou restrita às teses produzidas com a sua construção, aos livretos de divulgação do LSD (1972) e a uma apostila, confeccionada para os cursos de graduação da EPUSP, que resistiu ao tempo. Mas estes documentos revelam o Patinho Feio já construído e mostram o resultado do projeto em uma trajetória bem definida. A pretensão deste trabalho é “reconstruir” o Patinho Feio, tentando identificar os motivos de sua construção e o caminho para a sua configuração final.

A base empírica deste trabalho está nas teses desenvolvidas a partir da construção do Patinho Feio, no capítulo 5 do livro resultante do curso de arquitetura de computadores ministrado por Glen Langdon (LANGDON; FREGNI, 1974), nos poucos documentos existentes na EPUSP que citam o Patinho Feio¹⁶ e nas

¹² O Patinho Feio – um conto infantil de Hans Christian Andersen (1805-1875), poeta e novelista dinamarquês.

¹³ Como exemplos, os artigos de Raquel Moraes (MORAES) e do Centro de Estudos Avançados do Recife (CESAR a).

¹⁴ Livros como o de Vera Dantas (DANTAS, 1988) e David Rozenthal e Silvio Lemos Meira (ROZENTHAL; MEIRA, 1995).

¹⁵ Ao ser citado, ele é descrito como o primeiro computador digital desenvolvido no Brasil sem fins comerciais. (CESAR b).

¹⁶ Destes, cito as apostilas informativas sobre a produção acadêmica do LSD (1972 e 1980).

entrevistas que fiz com alguns dos participantes do projeto, tanto durante a minha estada na USP¹⁷ quanto através da utilização de meios eletrônicos¹⁸.

¹⁷ Na minha primeira visita, mantive contato com Cláudio Mammana, Victor Mammana, Silvio Paciornik. Na segunda visita, entrevistei João José Neto, Edith Ranzini, Maria Alice Varella e Antônio Marcos Massola.

¹⁸ O correio eletrônico foi utilizado para as entrevistas de Edson Fregni, Glen Langdon, Oswaldo Fadigas, Guido Stolfi e Egmont Shimizu. Também foi utilizado para a troca de informações durante a confecção deste trabalho com todos os participantes entrevistados.

1. Uma tradução da teoria ator-rede.

A teoria¹⁹ ator-rede é “um corpo de escritos teóricos e empíricos que trata das relações sociais, incluindo poder e organização, como efeitos de redes. A teoria é distintiva porque ela insiste que as redes são materialmente heterogêneas e argumenta que não existiria sociedade e nem organização se essas fossem simplesmente sociais. Agentes, textos, dispositivos, arquiteturas são todos gerados nas redes do social, são partes delas, e são essenciais a elas.” (LAW, 1992, p. 379)²⁰.

Segundo John Law (1992), a teoria ator-rede, em particular, não trabalha com a idéia de que haja uma diferença, em espécie, entre pessoas e objetos. A teoria ator-rede não aceita a separação entre o humano e o técnico e nem a idéia de que um determine o outro. O núcleo da abordagem ator-rede é um interesse por como atores e organizações se mobilizam, justapõem-se e mantêm unidos os elementos que os constituem.

A utilização da teoria ator-rede que vou fazer está baseada em um modelo²¹ descrito no artigo de Michel Callon (1995, p. 307). Segundo Callon, o processo de desenvolvimento tecnológico pode ser modelado segundo ciclos de concepção/adoção, onde a dinâmica do desenvolvimento é uma sequência de decisões precedida de negociações. Neste artigo, Callon apresenta o modelo ator-rede como uma ferramenta para o estudo desta dinâmica, procurando atender ao objetivo de sugerir um modelo abrangente apresentando alguns elementos tais como, por exemplo, atores, recrutamento e redes.

¹⁹Teoria – conhecimento especulativo, meramente racional; hipótese, suposição. (Mini Aurélio, p. 668).

²⁰ Tradução de Fernando Manso. No original: “... a body of theoretical and empirical writing which treats social relations, including power and organization, as network effects. The theory is distinctive because it insists that networks are materially heterogeneous and argues that society and organization would not exist if they were simple social. Agents, texts, devices, architectures are all generated in, form part of, and are essential to...” (LAW, 1992, p. 379).

Os atores e técnicas

A dinâmica do desenvolvimento tecnológico compõe-se de negociações seguidas de acordos. Este fato distingue dois tipos de entidades que compõem esta dinâmica: técnicas (ou objetos técnicos) e atores. As técnicas são negociadas. Os atores negociam.

Segundo Callon (1995, p. 310), as negociações são referentes às características e ao processo de produção das técnicas. Estas técnicas sofrem modificações ao longo do tempo em função do estado das forças e acordos que prevalecem entre os atores. Durante as negociações, cada ator traz os seus interesses, os seus pontos de vista. As transformações implementadas nas técnicas “dependerão do grau de convergência ou divergência entre estes pontos de vista dos atores participantes da negociação” (CALLON, 1995, p. 310).

Cada ator pode simplesmente ser “descrito em termos de sua própria visão do objeto técnico que será colocado em circulação” (CALLON, 1995, p. 310). Como exemplo, Callon cita uma negociação entre a área de marketing e a área técnica de uma empresa: a visão de um membro do grupo de marketing procura trazer decisões que tornem o novo modelo tecnológico compatível com os modelos anteriores. Por sua vez, o grupo de engenheiros prefere um novo *microchip* de uma firma confiável. Pode também existir a visão do gerente de projeto informando que é necessária uma concepção tecnológica que permita uma produção automatizada.

Segundo Callon (1995, p. 310), é possível dizer que as técnicas e os atores que participam das negociações evoluem juntos. A explicação para este argumento está no fato dos atores, cedo ou tarde, “se forcarem a achar um ajuste e a entrar em acordo sobre suas opções favoritas”. Com este procedimento há uma reformulação da técnica e os atores terão suas concepções, interesses e projetos modificados na medida que aceitam abandonar algumas de suas exigências e adotam as idéias de outros atores do processo. Quando o acordo é atingido, as identidades dos atores estão transformadas (CALLON, 1995, p. 311).

²¹ Modelo – aquilo que serve de referência ou é dado para ser reproduzido; protótipo de um objeto. (Mini Aurélio, p. 466).

Para Callon (1995, p. 311), o estabelecimento das diferenças entre o que é negociado e quem irá negociar é importante para a dinâmica do processo. E, embora se possa pensar que as técnicas sejam sempre de natureza material, é possível notar com frequência casos em que se identifique uma técnica abrangendo objetos técnicos e seres humanos como, por exemplo, um reator nuclear. Assim, o projeto que será negociado “deverá incluir os operadores, as turbinas, os elétrons em permanente movimento, etc” (CALLON, 1995, p. 311). A distinção entre atores e técnicas também não é fixa. Segundo Callon (1995, p. 311) “nada pode ser considerado como definitivamente estável” e, em alguns casos, é necessário a introdução de leis, costumes e regras para esclarecer uma ambigüidade entre atores e técnicas. Este fato é exemplificado com a questão sobre quando o embrião é considerado como “um ator com direitos à expressão (através de um porta-voz intermediário) ao invés de uma coisa sobre a qual qualquer experiência ou transformação pode ser feita?” (CALLON, 1995, p. 311). As respostas para este questionamento dependem da rede dentro da qual ele é formulado: em uma rede onde existem vozes contrárias ao aborto, com atores tais como igreja, associações religiosas, etc, o embrião poderá ser visto como um ator e ter direito de expressão – ele entra nas negociações; na visão das empresas de clonagens e cientistas envolvidos com o estudo do código genético, o embrião pode ser uma técnica. Portanto, a confecção da lista de atores e técnicas depende do conteúdo destas convenções.

Então, no início de uma seqüência, uma lista de atores é conhecida, podendo a mesma sofrer modificações durante a seqüência. E definida a identidade dos atores participantes e da “técnica” envolvida se faz necessário determinar o que está sendo envolvido nas negociações.

O que se torna negociação? O que é enredado na negociação?

Cada artefato técnico está “associado a uma rede sociotécnica representante do mundo que este artefato estrutura e mobiliza” (CALLON, 1995, p. 312). Negociar o artefato é negociar esta rede.

Para exemplificar este conceito de rede sociotécnica, Callon (1995, p. 312) mobiliza um esquema de uma divisória eletrônica de entrada para uma estação do metrô parisiense:

A divisória ou catraca eletrônica é um artefato técnico que está em negociação. A existência da catraca pressupõe a sua utilização por um passageiro do metrô. Este passageiro, o usuário, deverá inserir um bilhete válido em uma fenda da catraca, projetada para o mesmo. Caso o bilhete comprado seja de ida e volta, ele deverá ser recuperado pelo usuário. O usuário, por sua vez, não deverá se desesperar caso o bilhete seja reutilizável e não retorne para as suas mãos. Versões mais novas da catraca podem prever o aparecimento de um usuário mal intencionado, que poderá pular sobre a divisória para não pagar o bilhete. Neste caso, este usuário irá se deparar com um portão que dificultará a sua passagem. A divisória da estação do metrô presume uma série de elementos: um bilhete com faixa magnética, um computador central capaz de identificar um “usuário” válido e abrir o portão, transporte dos bilhetes para os locais de venda, operários para a fabricação dos bilhetes, etc. Enfim, a divisória “organiza uma rede de relações entre entidades, algumas humanas, outras técnicas, cujos papéis e vínculos são perfeitamente definidos e em algum grau estruturados pela aparelhagem.” (CALLON, 1995, p. 312). Estas observações são importantes para o estudo da dinâmica do processo de concepção.

Durante as negociações podem surgir divergências. No caso do exemplo da divisória do metro de Paris, surgiram divergências durante a definição do projeto entre os engenheiros da Thomson e os dos subcontratados e entre o escritório de projeto e o departamento de marketing da autoridade de transporte público de Paris, não só quanto às características específicas da catraca (tamanho da catraca, velocidade de leitura da tarja magnética do bilhete, proteção contra vandalismos, etc) e definições das demais técnicas que a complementavam (tamanho e desenho do bilhete, algoritmo de controle, etc) como também nos papéis atribuídos aos usuários finais. Sobre a população de usuários, surgiram questões sobre a necessidade de adoção de entradas especiais para deficientes e usuários com bagagens pesadas. Segundo Callon (CALLON, 1995, p. 312), aqueles que concebem a técnica se tornam técnicos, sociólogos, economistas, moralistas durante o seu percurso dentro da rede sociotécnica do artefato.

Quando, após inúmeras discussões sobre as características sociotécnicas do artefato, um acordo é atingido, aparece uma nova rede resultante dos diversos pontos defendidos pelos atores.

A mobilização dos participantes – recrutamentos.

Segundo Callon (1995, p. 313), a elaboração da lista de atores e técnicas envolvidas depende, também, dos “procedimentos e estruturas organizacionais que determinam a direção que as negociações das técnicas devem tomar a respeito, por exemplo, dos participantes, da vez de cada um, de suas prerrogativas, etc”. Os atores podem ser oriundos de departamentos diferentes. Eles também podem ser recrutados de diferentes organizações, tais como fundações, bancos ou ministérios.

A mobilização dos participantes não se reduz apenas à presença física das entidades no processo de negociação. Cada ator no processo posiciona-se como um representante de uma rede, o que define uma identidade para o ator e para as demais entidades unidas nesta rede. Esta representação também é resultado de um processo. Segundo Callon (1995, p. 313), no caso da divisória do metrô de Paris, “o ator Thomson vai se referir de volta à sua composição técnica e organizacional”. Por outro lado, “um porta-voz dos usuários pode se referir ao seu conhecimento dos hábitos e preferências dos usuários”.

Quando as representações de um ator, na visão dos demais atores da rede, são similares, fica mais fácil para este ator representado ser o porta-voz desta rede. Mas este porta-voz poderá ser contestado durante o processo de negociação. Portanto, este ator poderá trazer a sua rede para a mesa de negociações, como por exemplo, capacitação técnica, ligação com outros objetos técnicos pertinentes ou com órgãos financeiros, etc. A possibilidade de agir desta maneira é que determina sua força como porta-voz.

Sobre as ferramentas possíveis para o recrutamento de um ator, Latour (1987, p. 108-132) fornece uma série de ações capazes de mobilizar e manter o interesse dos envolvidos. Ele chama estas ações de tradução: uma interpretação do artefato, efetuada por um ator, o construtor de fatos, de forma a aproximá-lo dos interesses daqueles que serão envolvidos. O construtor de fatos deve tanto atrair e incorporar aliados ao processo de construção como manter um certo controle para que estes aliados não modifiquem demasiadamente o objeto em construção. Latour (1987, *Id.*) cita cinco traduções, cada uma com um grau de complexidade diferente:

- Primeira tradução: “Eu quero o que você quer” – para envolver novos atores, eles devem acreditar que o objeto irá atender seus interesses explícitos. Estes atores envolvidos devem olhar o objeto como a melhor possibilidade deles atingirem seus objetivos. A desvantagem desta tradução é a possibilidade do construtor de fatos perder o controle da direção que a rede do objeto irá tomar, pois o construtor está fazendo um desvio no seu caminho para se aproximar dos novos recrutados.
- Segunda tradução: “Eu desejo. Por que você não quer?” – seria uma boa idéia poder recrutar pessoas que desejem seguir os nossos objetivos. Mas, segundo Latour (1988, p. 111), só existe uma razão para que isto aconteça: se o caminho destas pessoas estiver obstruído.
- Terceira tradução: “Se você fizer um pequeno desvio ...” – os novos atores devem ser convencidos de que o caminho do objetivo do construtor de fatos é um caminho para que seus próprios objetivos sejam alcançados. Diferente da primeira tradução, esta procura trazer os recrutados para próximo da rede do construtor de fatos. Esta tradução se concretiza se o caminho atual dos recrutados está obstruído e o caminho proposto é visto como o mais curto.
- Quarta tradução: “Re-embaralhar interesses e objetivos” – esta ação é necessária para evitar alguns problemas provenientes da terceira tradução: quando fica visível que o desvio não é tão pequeno; a possibilidade de envolver outros atores, mesmo que seus caminhos não estejam obstruídos; a impossibilidade de definir quem foi envolvido e quem envolveu; a necessidade dos construtores de fato aparecerem como a única força motora.
Os atores recrutados sabem que formam um grupo e podem se desviar dos objetivos para os quais foram recrutados. O construtor de fatos, então, deverá utilizar algumas estratégias para manter o grupo coeso, tais como inventar novos objetivos ou novos grupos.

- Quinta tradução: “Tornar-se indispensável” – esta ação é a configuração ideal para um construtor de fatos bem sucedido. Este construtor colocou o seu artefato construído nas mãos de várias pessoas, disseminou-o no tempo e no espaço. Segundo Latour (1988, p. 121), esta é uma prática comum, mas para ela se tornar bem sucedida, o construtor deve mobilizar outros aliados não humanos.

A dinâmica da Convergência – Divergência: a dinâmica da rede de concepção.

A dinâmica da rede de concepção pode ser avaliada em termos de sua variação em relação à convergência. Uma rede é convergente se satisfizer a três condições (CALLON, 1995, p.314):

- Concordância na distinção inicial entre atores e técnicas;
- Concordância na lista inicial de atores e técnicas envolvidos na negociação;
- Concordância na descrição das técnicas que estão sendo concebidas;

Quanto menor a satisfação destas condições, mais a rede estará divergente e maior será o processo de adaptação mútua, pois a passagem da divergência para a convergência depende de um processo de negociação onde tanto os atores quanto as técnicas serão modificadas e adaptadas para que se chegue ao acordo. Obviamente este processo é dependente da dinâmica das interações existentes que incluem regras, compromissos, recrutamentos e as próprias redes das entidades envolvidas inicialmente. Segundo Callon (1995, p. 315), “a rede se desenha, tanto quanto ela desenha os artefatos. Basta modificar a lista de atores autorizados a negociar, a ordem de sua intervenção ou a morfologia das interações para que outras técnicas sejam desenvolvidas”.

Por outro lado, quanto maior o acordo entre os atores participantes com relação a estas três condições mais a rede estará convergente.

Alcançada a convergência, a técnica está, em princípio, estabilizada, podendo não ser a mesma definida no início do processo. O acordo alcançado na fase de concepção não é somente sobre a técnica em si, pois envolve todas as redes inscritas na própria técnica.

“O processo de concepção acaba quando é alcançada a convergência da rede” (CALLON, 1995, p. 315).

Rede de Concepção/Adoção: adoção.

Uma vez alcançada a convergência, é iniciado o processo de adoção.

O modelo propõe que a dinâmica do desenvolvimento de processos tecnológicos ocorre em seqüências de concepção/adoção. Este fato sugere uma dependência entre os dois processos e a separação entre eles é uma sugestão analítica. De posse desta premissa, os primeiros adotantes no início do processo de adoção já são conhecidos durante a fase de concepção e no estabelecimento do acordo entre os atores participantes das negociações. Estes primeiros adotantes ficam condicionados ao que foi negociado.

Uma outra maneira de evitar a separação entre as fases de concepção e adoção, é analisar a seqüência de concepção/adoção através da identificação de pequenos ciclos de concepção-adoção. Desta forma, a identificação de um acordo, seguido da adoção do que foi negociado neste ciclo sem que se demarque as fases na seqüência fica evidente. Um potencial adotante de um ciclo pode vir a compor a lista inicial de atores de um outro ciclo.

No estudo da dinâmica dos processos tecnológicos seguindo este modelo, convém evitar uma descrição linear dos ciclos: é recomendável enfatizar que as ocorrências podem ser concorrentes.

Dinâmica das redes de concepção/adoção.

Apresentadas as fases de concepção e adoção, a sucessão destas duas fases é chamada de seqüência (CALLON, 1995, p. 318).

Após a fase de concepção, durante a produção propriamente dita da técnica, desenvolve-se uma dinâmica de adoção-concepção. No interior da rede

responsável pela concepção, as técnicas e os seus primeiros adotantes são negociados simultaneamente. “É sobre esta base que as redes que serão mobilizadas emergem. A trajetória destas negociações determina o ponto de partida da trajetória de adoção.” (CALLON, 1995, p. 317).

A sequência de concepção-adoção é iniciada com a convergência da rede de concepção. Esta convergência é o resultado de inúmeras negociações e envolve também as redes cujas representações são efetuadas pelos atores envolvidos na concepção. Segundo Callon (1995, p. 318), “a rede sociotécnica disponível ao final da sequência de concepção-adoção reúne entidades que antes existiam de uma forma diferente, ou que possuíam vínculos mais fracos no começo da sequência”.

Um ponto que deve ser notado nesta modelagem é que a fase de concepção herda redes formadas em seqüências anteriores. Ela se alimenta destas redes, “nas quais as técnicas e os diversos atores estão amarrados uns aos outros e os vínculos podem muito bem estar estáveis. Na seqüência, o número de atores envolvidos crescerá da concepção para a adoção” (CALLON, 1995, p. 318). A lista de atores recrutados em uma seqüência forma uma lista de potenciais participantes da fase de concepção de uma seqüência posterior – eles podem ser escolhidos como atores da nova rede de concepção e, portanto, eles poderão negociar.

A transformação da rede de uma seqüência para uma outra rede de uma seqüência posterior é vinculada, também, às convenções, ou regras, que definem condições para o estabelecimento de quem é negociado e quem negocia. Entre uma seqüência e outra estas regras podem se modificar.

Callon (CALLON, 1995, p. 319) exemplifica estas modificações com o problema dos clorofluorocarbonetos. Esta substância era, até pouco tempo, utilizada na confecção de aerossóis. Com o crescimento das preocupações com o meio-ambiente, e neste caso particular com a camada de ozônio, estas substâncias foram retiradas da lista de componentes dos produtos. De qualquer maneira, a lista de atores disponíveis para a próxima fase de concepção está alterada e um estudo através deste modelo deverá apresentar esta alteração para poder explicar a próxima seqüência.

De posse de todos os elementos: atores, negociações e suas dinâmicas, o modelo ator-rede permite verificar as ligações entre atores, o

fortalecimento de posições durante as negociações e as agregações de decisões anteriores formando novas opções - individuais ou coletivas. O modelo também mostra que as opções selecionadas pela primeira lista de atores são relevantes para as decisões tomadas nas negociações subsequentes. O artefato final é resultado de todos estes processos e pode não ser o mesmo objeto concebido em seu início.

2. Um projeto de um minicomputador como construção sociotécnica.

Este capítulo relaciona alguns acontecimentos externos à USP com as mudanças que foram implementadas dentro da Escola Politécnica.

Segundo Maria Cecília L. dos Santos (1985, p. 11), antes da inauguração da Escola Politécnica de São Paulo, em 15 de fevereiro de 1894, “o ensino superior em São Paulo estava voltado exclusivamente para a formação de bacharéis em Direito”. Para seguir a carreira de engenheiro no Brasil, o estudante possuía duas opções: estudar na Politécnica do Rio de Janeiro ou na Escola de Minas de Ouro Preto. Para Santos (1985, p. 11), no final do século XIX, a Abolição da Escravatura, a Proclamação da República e a Primeira Constituição do Brasil possibilitaram a implantação de “novas condições econômicas e sociais orientadas a favor do desenvolvimento e industrialização, instaurando-se, assim, um verdadeiro surto de progresso material”. Além disto, o êxito da economia cafeeira, com o seu acúmulo de capitais, o seu mercado consumidor e a sua mão-de-obra, formavam uma base que iria acelerar o crescimento industrial de São Paulo. Com esta base formada, o processo de urbanização da cidade também foi acelerado, aumentando a demanda para a construção civil. Dentro deste quadro, foi criada uma escola de engenharia voltada para a solução de problemas técnicos, passíveis de acontecer na implantação da base industrial (SANTOS, 1985, p. 11). Em 1894, a Escola Politécnica foi inaugurada com quatro cursos: engenharia civil, engenharia industrial, engenharia agrícola e artes mecânicas.

Ainda segundo Santos (1985, p. 154), a preocupação com o desenvolvimento industrial de São Paulo nortearam os cursos oferecidos pela Escola Politécnica. Desta forma, a instalação da usina hidrelétrica de Parnaíba, no início do século XX, que necessitaria de técnicos capacitados em eletricidade, contribuiu para que a Escola Politécnica criasse a cadeira de eletrotécnica, uma disciplina autônoma que foi ministrada para todas as habilitações de engenharia existentes. Sobre este aspecto, um relatório datado de 1900 reflete as preocupações da Escola com relação à importância que a eletricidade vinha tendo no desenvolvimento industrial do país:

*“O desenvolvimento que vão tomando todos os dias, as aplicações da eletricidade, especialmente os que se referem à transmissão da força e à iluminação, fazem prever que neste ramo da engenharia se oferecerá em breve, em todo o Brasil e especialmente em nosso Estado, vasto campo à actividade industrial.”*²²

Esta preocupação também se manifestou, em 1907, na declaração do governador do Estado de São Paulo, Jorge Tibiriçá:

“Em vista das múltiplas aplicações que cada dia vae tendo a eletricidade, torna-se mister a criação de um curso especial dessa matéria nesta Escola.” (SANTOS, 1985, p. 155).

Assim foi dado início aos procedimentos legais para a criação de um curso intitulado “Engenheiros Mecânicos e Eletricistas”. Mais tarde este curso seria dividido e a formação de Engenharia de Eletricidade seria instituída na Escola.

Esta introdução descreve um conjunto de situações que contribuíram para as negociações sobre a criação da Escola Politécnica e de alguns de seus cursos de engenharia. No que diz respeito ao desenvolvimento de seus cursos de graduação e elaboração de seus projetos na área eletrotécnica, a USP procurou estar em sintonia com as necessidades manifestadas no estado de São Paulo.

O primeiro item deste capítulo, intitulado “Fragmentos da história – movimentos em cena”, trará alguns eventos, internos e externos à USP, na área de ciência e tecnologia que contribuíram para esta sintonia. Minha proposta é fornecer elementos que mostrem como o projeto de construção do minicomputador na EPUSP estava inserido dentro de uma época favorável ao desenvolvimento da informática no Brasil. Destes fragmentos da história, destaque para o ano de 1968, com a criação do Laboratório de Sistemas Digitais (LSD) - local da construção do minicomputador. Esta criação estava vinculada ao aumento do interesse na área de Informática e Eletrônica que se verificou no Brasil durante a década de 60 (SANTOS, 1985, p.329).

²² Escola Polytécnica de São Paulo. Relatório do anno de 1900 apresentado ao Exmo. Sr. Dr. Bento Pereira Breno D. D. Secretário d’Estado dos Negócios do Interior. p. 2. (SANTOS, 1985, p. 155).

O item subsequente deste capítulo analisa o recrutamento dos atores necessários para tornar viável a construção de um minicomputador na EPUSP. Este recrutamento poderá ser visualizado nos desenhos que estarão presentes no decorrer deste item. Os desenhos representarão de forma simplificada os atores-rede que foram envolvidos na formação da rede de concepção-adoção do projeto do minicomputador. Esta forma de representar a rede que está se formando, embora não traduza toda a sua dinâmica, contribui para o entendimento do processo.

O penúltimo item deste capítulo mostra uma rede de concepção-adoção para a construção de um computador - o projeto de sistemas digitais citado - na Escola Politécnica.

A adoção de um nome para o minicomputador em construção no Laboratório de Sistemas Digitais da EPUSP é o tema do último item deste capítulo.

2.1 Fragmentos da história – Movimentos em cena.

1907

O governador de São Paulo, Jorge Tibiriça, enviou uma mensagem ao congresso que enfatizava a necessidade de criação de um curso especial de Eletricidade (SANTOS, 1985, p.155). A mensagem enfatizava as inúmeras aplicações da eletricidade existentes no Estado, decorrentes da instalação da hidrelétrica de Parnaíba, e a necessidade de formação de especialistas. Como resultado, a Câmara dos Deputados aprovou uma lei estadual²³ que criava um curso de engenheiros eletricitas. Alguns meses depois, a lei foi modificada por um decreto estadual²⁴ e o curso passou a se chamar Engenheiros Mecânicos e Eletricitas.

²³ Lei estadual no 1.095 de 26/10/97 (SANTOS, 1985, p.155).

²⁴ Decreto estadual no. 1.539 de 09/12/1907 (SANTOS, 1985, p.155).

1911

O decreto de 1907, que criava o curso de Engenheiros Mecânicos e Eletricistas, ficou suspenso esperando a instalação do Laboratório de Eletrotécnica. Somente em 27 de novembro foi promulgado o Decreto nº 1992 que instituiu o curso de Engenheiros Mecânicos-Eletricistas. O curso teria uma participação significativa do Instituto de Física da USP, pois o conteúdo geral de eletricidade e as práticas de laboratório eram estudados na cadeira de Física Geral (SANTOS, 1985, p.156).

1955

O curso de Engenheiros Eletricistas foi separado do curso de Engenheiros Mecânicos e dividido em duas opções: Eletrotécnica e Eletrônica pelo Decreto Estadual nº 25.230 de 16/12/1955. Segundo Santos (SANTOS, 1985, p.157), desde 1915 a Escola Politécnica visava orientar o ensino da engenharia para a produção industrial em suas diversas especialidades. Concluindo o curso, o aluno receberia um diploma profissional de Engenheiro Eletricista e um título relativo à opção ou especialidade cursada.

A idéia da criação de dois departamentos, de eletrônica e de eletrotécnica, passava pela mente de alguns professores, embora a proposta de manter a união, fazendo as duas áreas avançarem em conjunto, tenha vencido. Assim, foi criado o Departamento de Engenharia de Eletricidade.

Maio de 1956

Neste ano, foi assinado o primeiro convênio entre o Ministério da Marinha e a USP, intermediado pela Escola Politécnica. Este convênio possibilitou a criação e manutenção de um curso de Engenharia Naval²⁵, cujo currículo foi inicialmente baseado nos cursos oferecidos pela Universidade de Michigan (EUA). Segundo Santos (1985, p.199), a Marinha do Brasil, seguindo o modelo utilizado por algumas Marinhas estrangeiras, iria utilizar a estrutura acadêmica da EPUSP

²⁵ Este curso foi pioneiro na América Latina.

para formar seus engenheiros navais militares. No início do curso foram contratados professores estrangeiros²⁶ para a formação do corpo docente. Mais tarde, os engenheiros recém-formados pelo curso criado se juntaram a este corpo docente. Em 1985, este convênio estava na 5ª renovação de sua vigência (SANTOS, 1985, p.199).

1961

No Instituto Tecnológico da Aeronáutica, o ITA, quatro alunos – José Ellis Ripper, Fernando Vieira de Souza, Alfred Wolkmer e Andras Vásárhelyi - construíram um computador como projeto final de curso. O computador, batizado de Zezinho, foi construído com 1500 transistores nacionais e tinha capacidade para efetuar 20 operações (DANTAS, 1988, p. 23). Seu painel, em formato retangular de 2 metros de largura por um metro e meio de altura, era dividido em três partes. Uma destas partes representava a memória e, as demais partes representavam o fluxo da informação sendo processada. Segundo Vera Dantas (1988, p. 24), “o Zezinho ganhou lugar na história como o primeiro computador projetado no Brasil”.

1962

Em todo o país, no início da década de 60, estavam sendo criadas diversas escolas de engenharia. A Escola Politécnica participou, como assessora e organizadora da criação de algumas destas escolas, entre elas, a Faculdade de Engenharia de Limeira da UNICAMP (SANTOS, 1985, p. 474).

Em São Paulo, foi criada a FAPESP²⁷, destinada a amparar a pesquisa no estado. O apoio da FAPESP possibilitou a criação de cursos de pós-graduação nas diversas áreas de atuação da Escola Politécnica como, por exemplo, os cursos de Hidráulica e Mecânica. Segundo Santos (1985, p. 291), os cursos de pós-

²⁶ Destaque para Laurens Troost e George Charles Manning, do departamento de construção Naval do MIT; Fred Willian Walton, ex-diretor da Engineering Experimental Station da Marinha americana; Eugene Allmendinger, professor de Arquitetura naval da Universidade de New Hampshire; H. Peters e George Max Gronau.

²⁷ Fundação de Apoio à pesquisa do Estado de São Paulo.

graduação na área de Engenharia de Eletricidade foram implantados em 1962 e visavam a formação e capacitação de recursos humanos para esta área.

1968

Em 1968, com a expansão e diversificação da pesquisa na área de Engenharia de Eletricidade, principalmente nas áreas de Computação e Eletrônica, surgia a necessidade da criação de laboratórios especializados que se destinassem a apoiar o ensino de graduação e pós-graduação destas áreas (SANTOS, 1985, p.329). Nesta época foi construído o Laboratório de Sistemas Digitais (LSD), subordinado ao departamento de Engenharia de Eletricidade, que contou com o empenho e participação do professor Antônio Hélio Guerra Vieira e com o apoio do então diretor da EPUSP, professor Oswaldo Fadigas. O laboratório tinha como objetivos: a formação de professores para as diversas disciplinas oferecidas para o curso de engenharia de eletricidade; a realização de pesquisas na área de sistemas digitais; e a formação de especialistas para o mercado. Dentro do novo laboratório estava também prevista a hospedagem de um CPD²⁸, que prestaria serviços de processamento de dados aos demais laboratórios, departamentos e à administração da Escola Politécnica (SANTOS, 1985, p.330).

Neste mesmo ano, a Lei Federal nº 5540 fixou normas gerais de organização e funcionamento do ensino superior, dando início a Reforma Universitária da USP e demais universidades do país. A organização dos cursos passou a ser feita em dois ciclos: básico e profissional e novos conjuntos optativos de disciplinas foram aditados às opções de elétrica e eletrônica (SANTOS, 1985, p.162).

1969

O Fundo Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FNDCT) é criado através do Decreto-nº 719 de 31 de julho de 1969, assinado pelo então presidente Costa e Silva. O FNDCT tinha a “finalidade de dar apoio financeiro aos programas e projetos prioritários de desenvolvimento científico e tecnológico,

²⁸ Centro de Processamento de Dados.

notadamente para a implantação do Plano Básico de Desenvolvimento Científico e Tecnológico”.²⁹ Segundo este decreto, a assistência financeira do FNDCT seria prestada através de “repasse a outros fundos e entidades incumbidos de sua canalização para iniciativas específicas”. Os recursos para este auxílio financeiro eram provenientes, principalmente, dos recursos orçamentários do governo federal, dos recursos vindos de incentivos fiscais, de contribuições e doações de entidades públicas ou privadas e de empréstimos de instituições financeiras. A criação do FNDCT possibilitou a parceria entre a Marinha e o BNDE em um projeto de construção de um computador, pois foi através do fundo que a Marinha financiou a sua parte do projeto.

1972

Em 5 de abril, o ministro Reis Velloso assinou o Decreto 70.370 que criou a Comissão de Coordenação das Atividades de Processamento Eletrônico – CAPRE (DANTAS, 1988, p. 68). Segundo Raquel Moraes (MORAES, p. 3), a CAPRE foi um “órgão inicialmente criado para assessorar o uso dos recursos informáticos da União e ser um centro para a criação de uma política brasileira no setor de informática e microeletrônica”.

Em primeiro de dezembro de 1972 foi instituída a Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico de Engenharia – a FDTE. Esta fundação, ligada à USP, foi criada “com o objetivo de prestar serviços à comunidade, através de projetos executados nos departamentos da Escola Politécnica ou em colaboração com eles.” (BAGNOLI, 1994, p. 99). Segundo Edith Ranzini (RANZINI, 2000), a criação da FDTE possibilitou o repasse de verbas, oriundas do Governo Federal, destinadas ao desenvolvimento de um computador para a Marinha na USP. A FDTE, ainda hoje, fornece mecanismos para a Escola poder realizar projetos em bases empresariais.

²⁹ Referência: Ministério da Ciência e Tecnologia: <http://www.mct.gov.br>.

1975

O segundo semestre deste ano deu início à publicação da revista *Dados & Idéias*, através do SERPRO. Esta publicação era um projeto do engenheiro, formado pelo ITA, Mário Ripper, auxiliado pelo também engenheiro José Presciliano Martinez. O objetivo deste projeto era fornecer dados para a comunidade, tais como, “estatísticas sobre importações de computadores, modelos de políticas de informática adotados por outros países, projetos universitários, entre outros assuntos. Na época, as questões sobre a dependência tecnológica do país, a necessidade de transferência de tecnologia e a possibilidade de se instituir uma indústria de computação no Brasil, fervilhavam na comunidade ligada à área de tecnologia da informação” (DANTAS, 1988, p. 97).

A revista *Dados & Idéias* reuniu artigos da comunidade técnica e acadêmica que debatiam os mais diversos tópicos envolvendo a realidade brasileira, entre os quais estava inserida a questão da informática (DANTAS, 1988, p. 98). Como exemplos das discussões promovidas pela revista estão os artigos:

“O momento decisivo para o computador brasileiro”³⁰, no qual se afirmava ser viável a implantação de uma indústria de computadores sob o controle nacional e o papel das universidades neste contexto;

“O problema da fabricação do computador nacional: uma solução”³¹, no qual o autor enfatizava a necessidade de uma indústria de componentes eletrônicos e elétricos e de circuitos integrados para facilitar a fabricação de computadores no Brasil;

“O preço ‘invisível’ da tecnologia importada”³², onde se discutia as desvantagens da importação de tecnologias, inadequadas às condições brasileiras (climáticas, econômicas, etc) e as conseqüências desta importação medidas pela dependência tecnológica;

“Consumidores ou geradores de tecnologia?”³³, onde o papel do ensino é avaliado como essencial para a capacitação tecnológica.

³⁰ Marques, Ivan da Costa. O momento decisivo para o computador brasileiro. *Dados e Idéias*. Rio de Janeiro. SERPRO, v.1, n.1, p. 13-16, ago./set., 1975.

³¹ Ribeiro, Sérgio Telles. O problema da fabricação do computador nacional: uma solução. *Dados e Idéias*. Rio de Janeiro. SERPRO, v.1, n.1, p. 17-21, ago./set., 1975.

³² Biondi, Aloysio. O preço “invisível” da tecnologia importada. *Dados e Idéias*. Rio de Janeiro. SERPRO, v.1, n.1, p. 22-25, ago./set., 1975.

Além dos artigos, a revista trazia reportagens como a que cita o computador G-10, que havia sido desenvolvido pela Universidade de São Paulo e pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro e seria industrializado pela Digibrás. A reportagem, intitulada “A difícil afirmação do G-10, o computador nacional”³⁴, relatava que o G-10 possuía dois protótipos: o primeiro localizado na USP, responsável pelo hardware, já contava com 2 mil horas de teste; e o segundo, localizado na PUC-RJ, responsável pelo software, com 1.200 horas de teste. Além disto, a reportagem levantava dados sobre as divergências de opiniões quanto ao software não competitivo do G-10 e trazia questões relativas à sua industrialização, tais como, preço de venda, custo de material, etc.

1984

As principais linhas de pesquisa desenvolvidas pelo Laboratório de Sistemas Digitais para os cursos de Engenharia de Eletricidade na EPUSP são: controle de processos, redes de comutação em pacotes, robótica, CAD/CAM, *software* básico e aplicativo, aplicação de computadores em sistemas de grande porte, controle de tráfego e instrumentação de processos (SANTOS, 1985, p. 291).

Abril de 2001

O professor Antônio Carlos Massola, diretor da EPUSP desde 1998, caminha com alguns visitantes pelo corredor do prédio da administração, em direção ao seu gabinete. Da escada do prédio até o gabinete propriamente dito, este corredor abriga um pouco da história da Escola Politécnica. O professor Massola mostra uma maquete de um navio - um projeto da Engenharia Naval - e uma réplica em miniatura de uma locomotiva. Um jornal sobre a reportagem da inauguração da Caverna Digital, um novo laboratório inaugurado na EPUSP também é mostrado por ele. Segundo este jornal³⁵, a caverna digital recém-

³³ Mammana, Carlos I. Z.. Consumidores ou geradores de tecnologia?. Dados e Idéias. Rio de Janeiro. SERPRO, v.1, n.5, p. 24-28, abr./mai., 1976.

³⁴ Dados & Idéias. A difícil afirmação do G-10, o computador nacional. V.1, n. 4, p. 35-37, fev/mar 1976.

³⁵ Poli Notícias – Jornal de divulgação da EPUSP – Ano XI, abril/maio 2001 – nº 94.

inaugurada, um projeto da Escola Politécnica coordenado pelo professor Marcelo Zuffo, é um ambiente que auxiliará no desenvolvimento de projetos eletrônicos, através de testes e simulações de uso em realidade virtual. Atualmente, o professor Antônio Massola está coordenando dois projetos: o Programa de Uso Racional de Água (PURA), iniciado primeiramente na EPUSP e utilizado internamente na USP desde 1997; e o Programa Permanente para o Uso Eficiente de Energia Elétrica da USP (PURE). Segundo o professor Antônio Massola, “o projeto denominado PURA conseguiu reduzir o consumo de água da USP em 38% e o PURE reduziu o número de lâmpadas existentes na USP em 50%, sem degradar a luminosidade do ambiente e prejudicar os trabalhos desenvolvidos na universidade”.

Continuando o “passeio” pelo corredor, os visitantes reparam na existência de fotos de antigos diretores da EPUSP, a cada metro de parede, desde a sua fundação em 1894. Próximo às fotos, sobre uma plataforma de madeira, está um artefato de forma retangular com aproximadamente 1 metro de altura. A parte frontal deste objeto possui a forma de um painel e contém uma plaqueta com a seguinte informação: “EPUSP– LSD -Pato Feio”.

Janeiro de 2002

Relato do professor Edson Fregni quando questionado se a necessidade de investimentos em tecnologia e o avanço da pós-graduação influenciaram a criação do Patinho Feio:

“Os mesmos fatores que nos influenciaram e nos levaram à PNI³⁶, levou a USP ao projeto do Patinho Feio. Era uma época na qual queríamos ter, e acreditávamos possível conquistar, o controle do nosso destino. Por exemplo, fomos capazes de contrariar os norte americanos com a definição do sistema PAL-M (exclusivo nosso), definido por quatro pesquisadores, entre os quais estavam Hélio Guerra Vieira e Nelson Zuanella. Hoje, acredito, nós nem teríamos sequer discutido e adotaríamos o sistema NTSC. A existência dos programas de pós-graduação levou à criação de laboratórios, permitindo aos pesquisadores almejar

³⁶ Política Nacional de Informática. Ver: ROZENTHAL, David; MOREIRA, Inaldo Lima Moreira. A Política Nacional de Informática “Original”: Supostos, objetivos e instrumentos. In: ROZENTHAL, David; MEIRA, Sílvio Lemos. **Os primeiros 15 anos da Política Nacional de Informática: O paradigma e sua implementação**. Recife: CNPq/ProTem-CC. 1995. P. 13-70.

projetos maiores e de maior importância. Mas estas pesquisas dependiam de recursos públicos, que em pouco tempo se tornaram escassos. As indústrias, que tinham interesse no mercado, não se engajaram em projetos de universidades, com exceção do projeto G10-Cobra.” (Fregni, 2002).

2.2 Recrutamento – uma lista inicial de atores.

Cena 1

Em 2001, Antônio Massola, diretor da EPUSP, relembra a criação do laboratório de sistemas digitais e as atividades desenvolvidas no início da década de 70 dizendo:

- Queríamos um grupo especial na área de sistemas digitais e mudamos o currículo da escola de Elétrica.

Em 1970, o Laboratório de Sistemas Digitais (LSD) seguia no seu segundo ano de funcionamento, realizando pesquisas na área para a qual ele havia sido criado. Recentemente, havia sido inaugurado o seu Centro de Sistemas Digitais – um CPD - para o processamento de dados da EPUSP. Através deste CPD, o laboratório apoiava a parte administrativa da EPUSP, operando um computador IBM1130. Nesta época, o diretor da EPUSP era o professor Oswaldo Fadigas e o chefe do laboratório era o professor Antônio Hélio Guerra Vieira.

Além do computador IBM1130, o laboratório possuía também uma outra máquina IBM, o IBM1620, que era utilizada para as pesquisas que estavam sendo desenvolvidas. O grupo de estudos que “povoava” o LSD desde a sua inauguração estava ligado à cadeira de Comunicações Elétricas, cadeira do currículo de Engenharia de Eletricidade. Deste grupo de estudos faziam parte, além de Hélio Guerra, Antônio Marcos Massola, Francisco José de Oliveira Dias, Paulo Patullo e Lucas Moscato. Esta equipe estava se envolvendo em pesquisas que pudessem sedimentar o aprendizado na área de sistemas digitais, que possibilitaria o desenvolvimento de computadores e de outros tipos de sistemas digitais.

Como continuidade para esta política para a aquisição de conhecimento e desenvolvimento de técnicas digitais dentro da Escola Politécnica, o departamento de engenharia de eletricidade adquiriu um outro sistema computacional: o HP2114³⁷. Embora estivesse alocado para o LSD, o sistema HP2114 também era utilizado por membros de outros departamentos da EPUSP, através de terminais, durante uma parte do dia. Este acesso possibilitava que os demais departamentos também desenvolvessem programas auxiliares para as suas pesquisas.

A aquisição do sistema HP abriu novas possibilidades para as pesquisas que vinham sendo desenvolvidas. Segundo o professor Antônio Massola, o HP era uma máquina que, em comparação ao sistema IBM, possuía uma documentação bem vasta e acessível aos pesquisadores do LSD. Portanto, o HP funcionava no apoio para as atividades de pesquisa em engenharia reversa.

Mas os primeiros resultados destas pesquisas desenvolvidas na área de sistemas digitais fizeram uso do sistema IBM, conforme o depoimento do professor Antônio Massola:

“A nossa idéia era pesquisar sistemas computacionais, isto é, aprender como fazer interfaces e dispositivos diferentes. Então precisávamos saber a localização física das interfaces do IBM. Mas como a IBM não divulgava a documentação de seus dispositivos precisávamos de um mecanismo para identificar os circuitos do computador. Um exemplo destes mecanismos de identificação foi feito para localizar a interface do plotter. Nós pifamos esta interface para forçar a manutenção. Quando o técnico da IBM veio fazer esta manutenção, nós ficamos observando seu trabalho para identificar o local de onde ele tirava a placa do plotter. Pegamos a placa pifada quando ele a trocou por uma nova. Mas o lugar já estava marcado e com isto foi feita mais uma tese de mestrado”. (MASSOLA, 2001)

A tese em questão foi a tese de mestrado do próprio Antônio Massola que tinha como título “Traçador automático de gráficos”³⁸ e foi defendida em 1970.

³⁷ O modelo que consta em alguns documentos do LSD é o HP2000 A. Mas as entrevistas indicam o modelo citado no trabalho.

³⁸ Orientada por Antônio Hélio Guerra Vieira.

A tese fazia uso da saída gráfica do IBM - aquela cuja placa havia sido pifada e identificada.

Algum tempo depois, a mesma interface utilizada na tese do professor Antônio Massola foi utilizada em um outro projeto, executado para melhorias no “traçador de gráficos”. Este outro projeto se converteu na tese de mestrado defendida em 1971 por Francisco José de Oliveira Dias e intitulada “Sistema de representação gráfica em uma tela de osciloscópio”.³⁹ [Quadro 1]⁴⁰.

Resumo - Sistema de representação gráfica em uma tela de osciloscópio.

Ao projetarmos o sistema eletrônico de traçado gráfico nos defrontamos com o problema de não dispormos do canal de acesso à memória. Em vista desse fato tivemos que conceber o sistema com um osciloscópio com memória, porém, em geral muito mais rápido que o traçador eletromecânico existente na configuração ibm-1130. Propusemos um software de compatibilidade com o existente, apresentando, para o mesmo, duas aplicações: um texto e o csmp. A seguir concebemos um sistema de programação para auxílio a projeto, observações a fenômenos, etc. Foi apresentado para o mesmo um problema de simulação; o seu potencial de utilização é bastante amplo e problemas que poderiam ser utilizados com este sistema seriam:

- a) Ajuste de curvas;
- b) Projeto de disposição de circuitos impressos;
- c) Algoritmos em geral, onde o esforço computacional para determinar trajetórias seja grande;
- d) Mensagens do sistema monitor-1130. Com a tela maior a ser utilizada na versão definitiva, poderemos usar de modo mais eficiente os recursos do sistema de representação gráfica.

Quadro1 - Fonte: Dedalus/USP – Sistema de bibliotecas da USP.

O grupo alocado ao laboratório já estava participando de uma série de atividades de pesquisa voltadas para a área de sistemas digitais, cumprindo o seu papel no apoio à pós-graduação, e assim se capacitando para pesquisa e docência

³⁹ Orientada por Antônio Hélio Guerra Vieira. Segundo Edson Fregni, em 1971 Francisco Dias foi fazer seu doutoramento na Universidade de Stanford (EUA) e este fato o impediu de participar da construção do projeto de sistemas digitais.

⁴⁰ Dentro deste assunto, esta é a única tese com o seu resumo cadastrado na fonte pesquisada.

que a área necessitava. Em virtude desta necessidade de formação de um grupo acadêmico, o laboratório também estava tecendo estratégias para a reformulação do currículo de graduação do curso de Engenharia de Eletricidade. A expectativa do grupo chefiado por Hélió Guerra era poder acrescentar cadeiras na opção de eletrônica do curso de engenharia para formação específica em sistemas digitais.

Uma imagem simplificada do recrutamento dos atores descritos até aqui pode ser vista no esquema [Figura 1] que se segue.

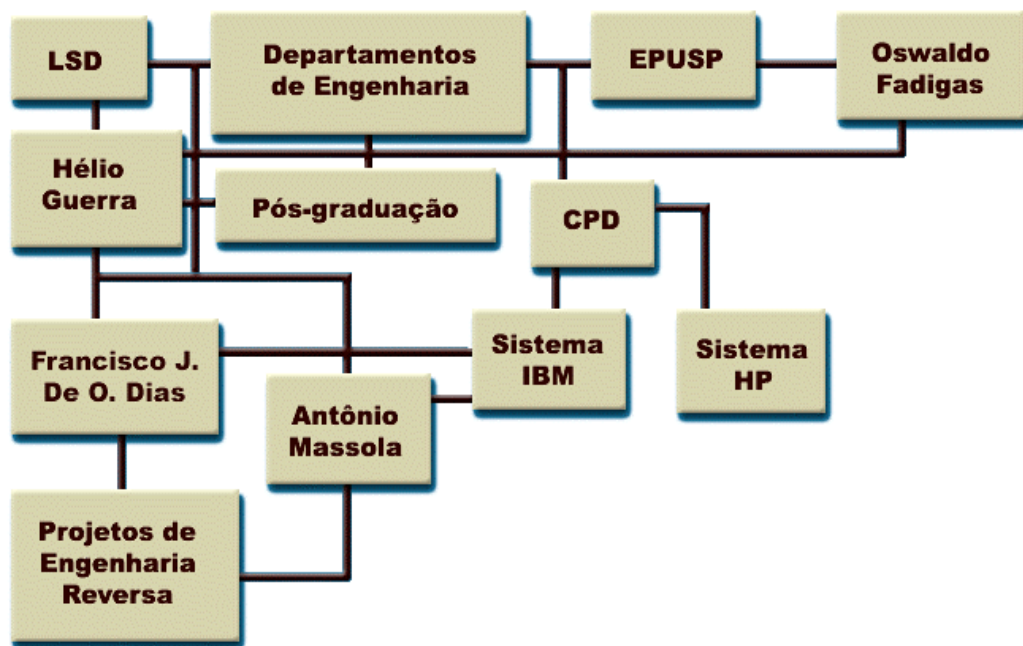


Figura 1 - Recrutamento de atores.

Para tornar viável a mudança do currículo, o professor Hélió Guerra, naquele momento representando o LSD, também procurava uma massa de estudantes de graduação ansiosos pelas novas diretrizes do curso. Esta procura se dava através do recrutamento destes estudantes de engenharia como estagiários para os projetos do LSD. Por outro lado, o LSD também iria procurar fortalecer a pesquisa na área de sistemas digitais através da contratação de professores estrangeiros, procedimento comum existente na USP.

O aumento do interesse pela área digital, por parte dos formandos, ficava cada vez mais evidente e alguns integrantes da recém-graduada turma de

Engenharia de Eletricidade⁴¹ iniciou a sua pós-graduação junto ao LSD. Este grupo já estava seduzido pelas oportunidades com as quais esta nova vertente de estudo acenava. Este aumento de interesse era muito importante para a modificação do currículo de graduação e, ainda em 1970, a EPUSP, aceitando as sugestões do laboratório, encaminhou uma proposta para a divisão em duas especializações: telecomunicações, área já existente no currículo, e sistemas digitais.

“... No final de 1970 foi feita uma proposta para a modificação do currículo do curso de engenharia (na especialização em eletrônica), dividindo o curso em duas opções: sistemas digitais e telecomunicações... .O professor Hélio Guerra ficou com a opção sistemas digitais e deixou a opção telecomunicações para os seus assistentes.” (RANZINI, 2000)⁴²

Os recursos utilizados para estas mudanças eram provenientes, principalmente, das verbas destinadas aos cursos de pós-graduação em expansão na USP.

A estratégia para fortalecer o LSD e sedimentar o ensino na nova modalidade também contou com um aliado especial: a IBM. Embora as especificações de seus equipamentos não estivessem disponíveis para a pesquisa, a IBM era um aliado importante para a obtenção de mão-de-obra necessária para o fortalecimento do laboratório, pois abria um canal externo à Universidade. Este canal auxiliaria na busca da competência técnica necessária para que o curso pudesse gerar a sua própria competência. Além disto, a Escola Politécnica era uma espécie de sede para um grupo de pesquisa da IBM. Este grupo⁴³ possuía uma sala no prédio do departamento de Engenharia de Eletricidade. Tal fato possibilitava a participação de pesquisadores da EPUSP nas pesquisas deste grupo da IBM, estreitando as ligações entre as duas instituições.

⁴¹ Turma graduada em 1969.

⁴² Esta entrevista foi feita por Bernadete Pirozi, aluna da UERJ, para um trabalho sobre História da Computação em 2000.

⁴³ Segundo Antônio Massola, neste grupo trabalhavam Carlos Nunes e Jean Paul Jacob. Em sua entrevista, Jean Paul Jacob relata que “era gerente do Centro de Desenvolvimento Tecnológico da IBM na época” (JACOB, 2001).

Segundo o professor Antônio Massola, a IBM também vinha promovendo alguns cursos dentro da Escola Politécnica, em parceria com os diversos departamentos, e auxiliava no pagamento de bolsas de pós-graduação⁴⁴.

“... Como consequência destes primeiros projetos, começamos a fazer o desenvolvimento de algumas disciplinas de pós-graduação que em conjunto com o curso da IBM, que já estávamos realizando junto com o pessoal da IBM, permitiu que desenvolvêssemos alguns cursos de pós-graduação na área de arquitetura digital...” (MASSOLA, 2001).

O esquema a seguir apresenta uma nova imagem simplificada da rede em formação [Figura 2], já com seus novos atores.

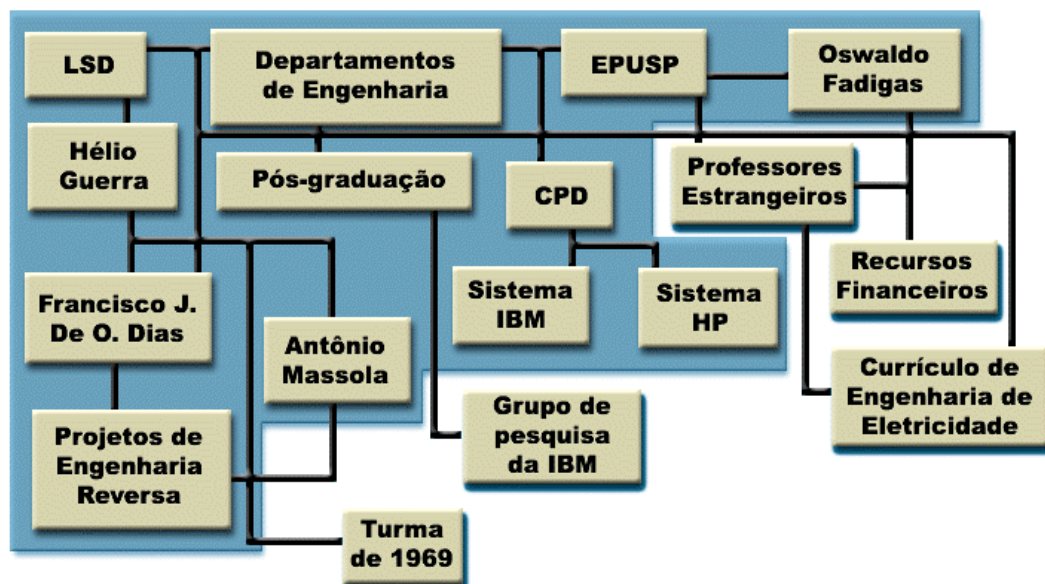


Figura 2 - Esquema da Rede; recrutamento de atores.

Para formar seus futuros mestres e doutores, com embasamento teórico para a área de sistemas digitais, novas cadeiras de pós-graduação estavam sendo criadas. Aliada a estes fatos, uma idéia vinha tomando forma entre os integrantes do LSD: absorver conhecimento suficiente para projetar um computador. Assim, o departamento de engenharia de eletricidade, apoiado pelo laboratório de sistemas digitais, propôs a criação da cadeira de arquitetura de computadores, denominada

⁴⁴ Segundo Antônio Massola, Lucas Moscato e Francisco J. Dias eram dois dos estudantes que possuíam estas bolsas.

“Projeto de sistemas digitais”. Faltava um professor que já tivesse o conhecimento necessário para ministrá-la, conhecimento este que não existia no Brasil. E a solução viria de um encontro em uma universidade nos Estados Unidos.

“... O professor Hélio Guerra, junto com o Diretor da EPUSP na época, professor Oswaldo Fadigas, trouxe professores estrangeiros para dar aulas para o grupo e fez convênio com a IBM. Acontece que, para modificar o currículo de um curso de graduação, é necessário que haja estudos antecedentes. A estratégia foi a seguinte: durante 1970 e 1971, a equipe de pós-graduação ia sendo formada com gente de fora e, em 1972, começaria a introduzir as novas disciplinas a partir do 4º ano da graduação.” (RANZINI, 2000).

“... No começo de 1971, o professor Hélio trouxe o Glen dos EUA (IBM). Ele veio com o propósito de nos ajudar a projetar um minicomputador. O curso de arquitetura foi criado na época com a idéia de formar o time do LSD que construiria o computador...” (FREGNI, 2002).

“... Então o professor Hélio Guerra Vieira decide ir ao exterior trazer quem nos ensinasse. E trouxe Glen Langdon...”⁴⁵

Nos Estados Unidos, Glen Langdon, funcionário da IBM, estava em doutoramento na *Syracuse University* quando conheceu o professor Hélio Guerra.

“... trabalhando há alguns anos na IBM, recebi uma bolsa para o Phd na Syracuse University... lá encontrei o professor Andrade que iniciou o laboratório de micro-eletrônica na USP. E ele me apresentou ao professor Hélio Guerra...” (LANGDON, 2001).

O encontro de Hélio Guerra com Glen Langdon produziu uma parceria – Glen Langdon e LSD - para os próximos dois anos.

Após encontrar em Glen, um funcionário da IBM em doutoramento, a pessoa capacitada para ensinar arquitetura de computadores, Hélio Guerra retornou para a EPUSP com argumentos suficientes para a sua contratação. Assim,

⁴⁵ Depoimento de Edson Fregni para o Livro de comemoração dos cem anos da Escola Politécnica intitulado *Escola Politécnica: Cem Anos de Tecnologia Brasileira*.

o departamento de Engenharia de Eletricidade convidou o professor Glen Langdon, por intermédio do então diretor da EPUSP, professor Oswaldo Fadigas, para ministrar o curso de arquitetura de computadores. Mas outros fatores também iriam contribuir para o aceite de Glen Langdon ao convite feito.

O primeiro fator viria da própria IBM: pelo fato de possuir um grupo de pesquisa envolvido com alguns projetos do departamento de Engenharia de Eletricidade, a IBM concedeu uma licença para o professor Glen aceitar o convite. Complementando o incentivo, a IBM também se comprometeu a pagar a metade do salário de Glen, através de um convênio firmado com a EPUSP. Este convênio contou com o apoio do grupo de marketing para assuntos sul americanos da IBM, sediado nos EUA.

“... O pessoal de Marketing dos EUA da IBM, encarregado de trabalhar a parte latina americana, gostou da idéia da IBM apoiar o ensino de pós-graduação da Poli...” (LANGDON, 2001).

O outro fator contribuinte foi a sua afinidade com o Brasil, pois ele já havia morado durante a sua infância em São Paulo no período que seu pai trabalhou na antiga companhia de eletricidade da cidade. Com isto, não haveria muitos problemas com a comunicação entre professor e possíveis alunos uma vez que Glen dominava a língua portuguesa⁴⁶.

“... O professor havia morado no Brasil durante a sua infância e interessou-se muito em passar dois anos conosco...” (RANZINI, 2000).

“... quando eu tinha nove anos meu pai veio trabalhar na São Paulo Light and Power Company (“ a Light “) e fiquei aqui até aproximadamente meus dezessete anos. Sou brasileiro de coração”. (LANGDON, 2001).

Prosseguindo com a idéia de apresentar este recrutamento inicial, segue uma nova imagem da rede em formação [Figura 3].

⁴⁶ Um fato curioso: em sua entrevista, feita através de mensagens eletrônicas, Glen fez questão de responder a todas as perguntas em Português.

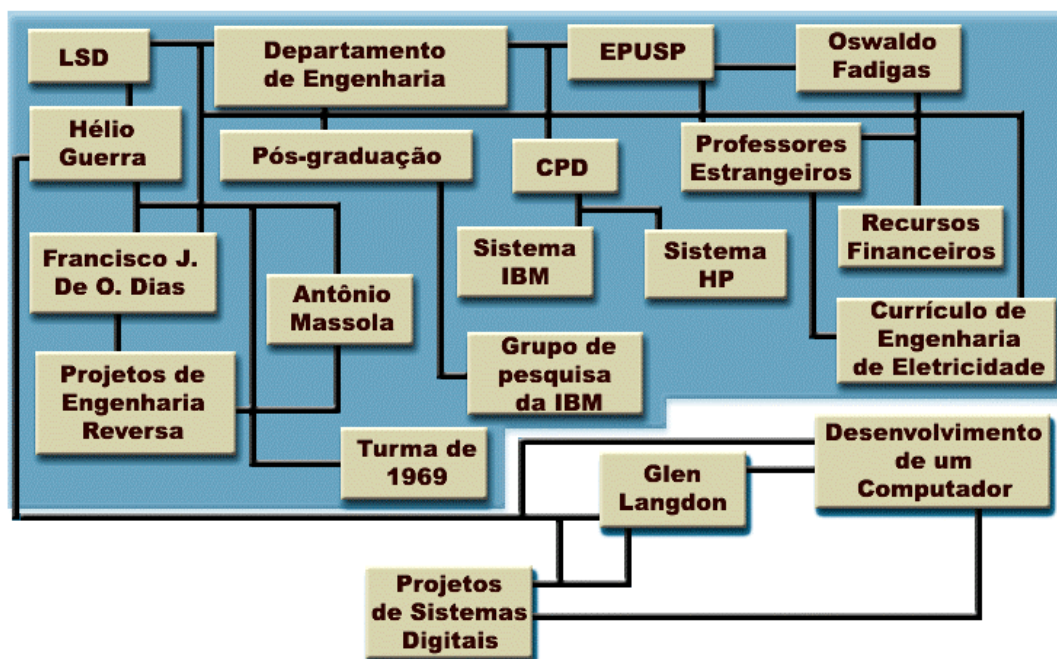


Figura 3 – Recrutamento de atores.

A cadeira de arquitetura de computadores, no primeiro semestre de 1971, reuniu, além do professor Glen Langdon, a maior parte do grupo do LSD, entre mestrados e pesquisadores, como Edson Fregni, Edith Ranzini⁴⁷, Lucas Moscato, Paulo Patullo, Célio Ikeda, Victor Mammana e Antônio Massola. Mas também atraiu o interesse de integrantes de outras áreas, que terminaram por participar do curso, como os engenheiros eletrônicos, formados pelo ITA⁴⁸, Cláudio Mammana e Sílvio Davi Paciornik, Wilson de Pádua e Maria Alice Varela⁴⁹, que participou do curso como aluna externa. Os professores Cláudio, Sílvio e Wilson trabalhavam no Instituto de Física da USP e tinham interesse em conseguir os créditos do curso para as suas respectivas pós-graduações.

Estava sendo consolidado um grupo para colocar em prática a idéia da construção de um computador. Mas para isto acontecer, eles aprenderiam os fundamentos dentro da cadeira de arquitetura e receberiam a orientação técnica de Glen Langdon.

⁴⁷ Segundo Antônio Massola, Edith Ranzini trabalhava inicialmente em outro grupo, com o professor Plínio Castelo. “Mas por afinidade ela se incorporou ao nosso grupo do LSD” (Antônio Massola).

⁴⁸ Instituto Tecnológico da Aeronáutica.

⁴⁹ Segundo Maria Alice Varela, trabalhando em uma empresa de consultoria e desejando retornar à USP para concluir seu mestrado e doutorado, ela soube do curso e se interessou em frequentar o programa.

Para a cadeira que iria ministrar, Glen necessitava de um material didático que detalhasse o funcionamento das unidades básicas de um computador e mostrasse a forma de comunicação entre elas. E como não existiam livros na língua portuguesa que atendessem ao programa, Glen optou por escrever todo o material. Estes primeiros manuscritos foram distribuídos em cópias mimeografadas, utilizadas em sala de aula como fonte de consulta, e, posteriormente, formaram a base do material utilizado nesta cadeira nos próximos anos.

Iniciado o curso, o grupo estranhou a forma de trabalhar de Glen, pois seu método para ensinar incluía tarefas que deveriam ser feitas em casa. Estas tarefas eram corrigidas no próximo encontro e Glen achava ser este um ótimo recurso para o aprendizado do conteúdo.

“... Quando comecei a dar aulas, choquei a turma porque os obrigava a fazer lição de casa (imagina!). Mas a turma descobriu que através das lições eles começavam a aprender a matéria...” (LANGDON, 2001).

Com relação a sua metodologia de ensino, o prefácio de um de seus livros didáticos⁵⁰ sobre sistemas digitais reforça a idéia de Glen Langdon sobre a importância da experiência no aprendizado desta área. No prefácio, ele lembra que as “pessoas aprendem através de exemplos” (LANGDON, 1982, pp. xvi-xxiii) e indica uma ordem de acompanhamento do livro. Ao final de cada capítulo há um resumo, onde Glen enfatiza os objetivos específicos esperados daquele capítulo.

Estas tarefas caseiras foram os primeiros passos para a elaboração de uma tarefa maior que aconteceria no final do curso, como um trabalho para a avaliação final. A maior parte dos participantes do curso acredita que elas forneceram a base para a elaboração da última tarefa do curso.

O trabalho final desta disciplina foi o desenvolvimento de um projeto de sistema digital. O grupo participante da disciplina foi dividido em equipes e cada uma ficou responsável por desenvolver, em papel, uma proposta de um minicomputador, englobando as definições para interfaces de entrada e saída, CPU, memória e unidade aritmética. Cada equipe projetou a arquitetura do computador baseado no que havia aprendido no curso ministrado por Glen Langdon.

⁵⁰ LANGDON, Glen George. **Computer Design**. San Jose, CA: Computeach Press Inc. 1982. 577 p.

Ao receber os trabalhos e corrigi-los, Glen selecionou o conteúdo que ele considerou mais interessante do projeto de cada equipe. Estas partes selecionadas serviriam para formar um sistema computacional passível de implementação.

“... Se não me engano, foram três grupos com propostas para um minicomputador, todos com propostas diferentes... peguei as melhores partes de cada grupo, para o projeto Patinho Feio (que na hora ainda não tinha nome). Assim, cada participante do curso daria a sua contribuição para o projeto...” (LANGDON, 2001).

Segundo Edson Fregni, entre os trabalhos entregues havia uma sugestão de arquitetura que tinha grandes semelhanças com o PDP-8 da Digital⁵¹ [Figura 4]. Como era uma sugestão simples e viável, Glen escolheu-a como a base para a montagem do computador.



Figura 4 – Detalhe do painel do PDP8. Fonte: On Line PDP.

Segundo Edson Fregni, a arquitetura semelhante ao PDP8 foi sugestão de Sílvia Paciornik e Cláudio Mammana. Sílvia não lembra deste fato. Cláudio comenta que na época Glen teceu muitos elogios para a solução proposta por ele, Wilson e Sílvia, mas eles não conheciam o sistema PDP-8. O trabalho desta equipe mostra a resolução para uma arquitetura com memória Philips, modelo FI-2, de 8

bits por 1024 palavras [Anexo I]. Em sua tese Edson cita a proximidade da arquitetura do computador construído com a arquitetura de minicomputadores, como os da Digital.

“... Creio que ele adotou grande parte da sugestão que veio da equipe formada por Cláudio Mammana e Sílvio Paciornik...” (FREGNI, 2002).

É interessante citar que Cláudio e Sílvio não participaram ativamente da construção do computador. No entanto, seus objetivos – conseguir créditos e “buscar subsídios para o projeto de um sistema experimental de aquisição de dados que desenvolviam no departamento de Física Nuclear” (DANTAS, 1988, p.51) – foram alcançados. Segundo Cláudio Mammana, a sua tese de doutorado, que foi defendida em 1975 ⁵², foi aceita pela USP antes do aceite de sua tese de Mestrado. Segundo Cláudio Mammana, a USP alegou problemas na composição da Banca Examinadora para justificar a recusa de sua dissertação, embora esta Banca tivesse aprovado a sua dissertação. A tese de doutorado de Cláudio Mammana versou sobre “Contribuições ao projeto e implementação de arquiteturas de sistemas digitais específicos”.

“Após o curso, não continuamos ajudando formalmente. Nós não éramos da equipe, mas colegas dos cursos de pós-graduação onde o Patinho Feio teve origem. Como colegas nossa colaboração era intensa, mas não decisiva.” (MAMMANA, 2001).

Com este trabalho final, a primeira turma de arquitetura de computadores completou uma das etapas das mudanças que ocorriam dentro da EPUSP. A disciplina de arquitetura de computadores, ministrada por Glen, era parte da estratégia de reformulação do currículo de uma das opções do curso de engenharia de eletricidade: a eletrônica. E o acréscimo desta disciplina na pós-graduação possibilitava a capacitação de professores na área de sistemas digitais, que poderiam ministrar cadeiras na graduação. O conteúdo mimeografado das aulas ministradas por Glen se transformaria no texto base do próximo curso e, posteriormente foi utilizado na confecção de um livro (LANGDON; FREGNI, 1977).

⁵¹ DEC-PDP-8 - Minicomputador desenvolvido pela Digital na década de 60.

⁵² Orientada por Walter Del Picchia.

Mas ao mesmo tempo, a disciplina de arquitetura de computadores aproximava o grupo do LSD à idéia da construção de um computador e transformava o LSD em mais um ator no movimento de capacitação brasileira na área digital.

Este item do capítulo procurou dar destaque ao recrutamento dos primeiros atores da rede de concepção-adoção do projeto de sistemas digitais do LSD. Este projeto – construir um computador no LSD – será o objeto das negociações destes atores (CALLON, 1995, 310). A lista destes atores recrutados poderá não ser a mesma ao final do ciclo de concepção-adoção, pois a dinâmica da rede permite a incorporação ou o desligamento de atores durante o processo. E, de fato, alguns destes atores iniciais não irão fazer parte das próximas seqüências para o desenvolvimento do computador.

Para dar continuidade às ilustrações da rede de concepção-adoção, o esboço do recrutamento inicial para a construção do computador pode ser visto no desenho que se segue [Figura 5].

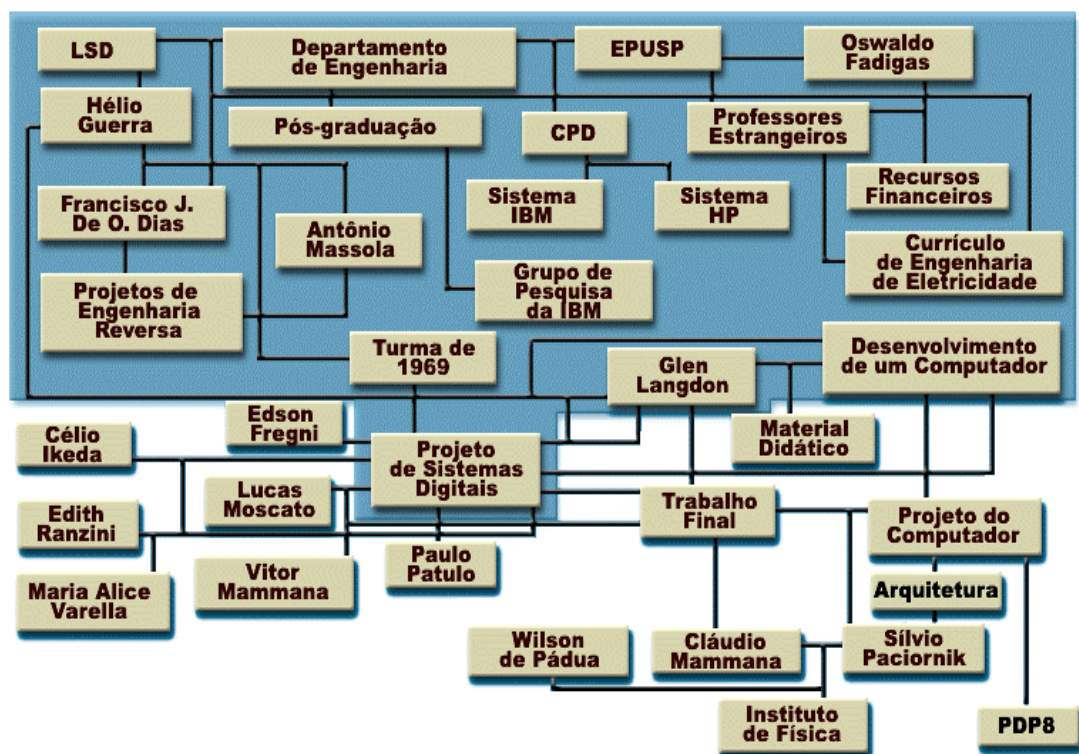


Figura 5 – Recrutamento de atores.

O próximo item mostra algumas questões iniciais na negociação do projeto do minicomputador do LSD.

2.3 Concepção-adoção de um minicomputador.

Cena 2

Ao final do curso de arquitetura de computadores, Glen Langdon entra em contato com o professor Hélio Guerra Vieira para mostrar-lhe o resultado excelente dos trabalhos apresentados. Hélio e Glen conversam sobre a possibilidade de captação de recursos para implementar um computador que também auxiliaria na produção das teses dos novos pós-graduandos.

Para o LSD, a construção de um computador iria coroar um trabalho de capacitação que vinha sendo desenvolvido desde a sua criação, em 1968. A presença dos engenheiros Cláudio, Sílvio e Wilson de Pádua, lotados no Instituto de Física da USP, no curso de arquitetura também demonstrava o interesse de outras unidades da universidade pela área digital.

Glen Langdon ministrou um curso que produziu um esboço de um projeto de um computador. Este esboço poderia servir como o ponto de partida para a efetiva construção de um computador na EPUSP. Mas para poder construir o computador o LSD necessitaria de recursos. E, como chefe do laboratório, o professor Hélio Guerra tentaria providenciar estes recursos junto à direção da EPUSP. Para tanto, o professor Hélio Guerra deveria buscar os novos aliados junto aos seus superiores, pois havia a necessidade de convencer o departamento de engenharia de eletricidade e a EPUSP como um todo. Então, o LSD deveria buscar estes novos aliados, mostrando para a direção da EPUSP que o projeto de construção seria útil para a Escola.

Naquele momento, porém, o LSD e Glen possuíam apenas uma idéia e um projeto de final de curso. E para concretizar esta construção, além dos alunos do curso, os novos atores deveriam ser convencidos e envolvidos no projeto.

Para Latour (1987, p. 108) atrair pessoas como participantes da construção de um artefato (ou de um fato) envolve ações centradas na noção de

tradução de interesses e em mecanismos para manter estas pessoas interessadas na construção. Latour apresenta estratégias que podem ser executadas com esses objetivos. Segundo Latour, uma destas estratégias é apresentar o objeto de negociação de forma que ele atenda aos interesses explícitos das pessoas que serão recrutadas. Esta é uma maneira fácil de fazê-las acreditar e investir na construção do objeto. Além disto, para manter os atores já recrutados interessados, isto é, mantê-los como aliados, se faz necessário constituir estas novas alianças (LATOUR, 1987, p. 121). Seguindo esta estratégia, a obtenção dos recursos para a construção do computador poderia ajudar ao LSD a manter o grupo já recrutado coeso. De outra forma, sem recursos e sem projeto, o grupo poderia se dispersar. E como a liberação dos recursos dependia da direção da Escola Politécnica, o LSD deveria tornar o projeto atraente para esta direção.

O professor Hélio, naquele momento o porta-voz do laboratório, faria uma primeira tradução de interesses: “- Eu quero o que você quer. Este computador poderá capacitar nossos professores na área de sistemas digitais e aumentar a produção de teses do nosso departamento.”

Em julho de 1971, uma série de negociações ocorreu a partir do projeto de final de curso que iria resultar na construção de um minicomputador. Os próximos parágrafos mostrarão algumas traduções de interesses e algumas alianças que foram necessárias para a consolidação da idéia de construção do computador.

O professor Hélio Guerra, como representante do LSD, agiu como um construtor de artefatos, recrutando alunos e professores para o LSD, contribuindo para a modificação do currículo de engenharia de eletricidade e fortalecendo a idéia da construção de um minicomputador no laboratório.

Glen agiu como um construtor de artefatos, enredando os alunos que tinham interesse em desenvolver suas teses, elogiando-os e prestigiando-os ao transformar seus trabalhos em um só projeto. Desta forma, Glen recruta seus alunos que ficam comprometidos com o seu percentual de participação no projeto final.

“... Escolher as melhores partes dos projetos de fim de curso foi uma técnica que deu certo. E melhor ainda: cada pessoa podia indicar com orgulho a sua parte do projeto...” (LANGDON, 2001).

Assim, o grupo ficou comprometido com somente um projeto final resultante das avaliações e dos comentários feitos por Glen e com a sua opinião sobre a possibilidade de construção de um computador, baseado naqueles exercícios. Nasce a primeira versão do minicomputador ou o seu embrião, ainda em papel.

Glen havia mobilizado seus alunos em torno do projeto. Faltava o envolvimento de pessoas da Escola Politécnica que pudessem fornecer os recursos financeiros. O projeto seria levado ao conhecimento do diretor da EPUSP, o professor Oswaldo Fadigas, quando então alguns fatores seriam enfatizados, entre eles a opinião de Glen sobre a viabilidade do projeto e a possibilidade de novas produções acadêmicas.

A opinião do professor Glen com relação ao projeto era importante, uma vez que ele trazia consigo, em sua bagagem, o conhecimento de uma área ainda obscura para os brasileiros do LSD. Esta bagagem incluía: a rede de desenvolvimento e montagem de sistemas digitais, a IBM e o fato de ter estudado nos Estados Unidos, país com pesquisas avançadas nesta área⁵³. Nas negociações do projeto dentro da EPUSP tais atributos qualificavam Glen como o porta-voz (LATOURE, 1987, p.71) do computador.

Um segundo fator dizia respeito ao fortalecimento do curso de pós-graduação na área de sistemas digitais e à qualificação de seu corpo docente. Em julho de 1971, alguns pesquisadores do laboratório participaram da Conferência Nacional de Tecnologia Aplicada, realizada no Hotel Glória, no Rio de Janeiro. Segundo Edith Ranzini, “neste seminário foram apresentadas duas dissertações de mestrado quase concluídas: sobre o desenvolvimento de um modem e a transformação de uma máquina de escrever elétrica em terminal de computador ou telex”⁵⁴, e era importante para o fortalecimento do laboratório que mais projetos de tese fossem desenvolvidos.

⁵³ Segundo Marcos Dantas (1989, p.15), em comparação aos países que já desenvolviam pesquisas e fabricavam computadores, em 1971, o Brasil estava atrasado 35 anos.

⁵⁴ Teses de Paulo Patullo e Lucas Moscato, respectivamente.

Portanto, construir o minicomputador, poderia gerar efetivamente as novas teses. Obviamente esta tradução auxiliaria na aprovação e liberação de recursos monetários para a construção do computador.

Em conjunto com estes fatores, um outro argumento para a construção do computador girava em torno da modificação do currículo de Engenharia de Eletricidade.

“... Nós desenvolvemos um curso, transformamos a elétrica. Mudamos o currículo todo da engenharia elétrica nesta ocasião... Antes, em 1970, já estávamos formando o currículo de graduação e a primeira turma de sistemas digitais...” (MASSOLA, 2001).

O conhecimento que seria adquirido durante a construção do computador poderia produzir material didático para suprir as necessidades das turmas de sistemas digitais. Além disto, os novos alunos da graduação poderiam interagir com o computador propriamente dito, pesquisando os seus circuitos e o seu funcionamento, colocando em prática a idéia de aprendizagem de Glen Langdon: “aprender através da experiência”. Posteriormente, após a construção do minicomputador, o grupo participante do projeto desenvolveu algumas apostilas de exercícios e apostilas sobre a operação do computador construído.

Mais tarde, o material didático produzido se consolidou com a edição de um livro⁵⁵, escrito por Glen Langdon e Edson Fregni, resultante das notas das aulas ministradas na primeira turma de arquitetura e da própria construção do computador, para o qual é dedicado um capítulo. Antes de sua edição, o manuscrito deste livro foi testado em um curso organizado por Edson Fregni, Glen Langdon e pelo engenheiro Victor Penna da Rocha, funcionário da IBM. Este curso foi ministrado para engenheiros e técnicos da fábrica da IBM do Brasil em Campinas, São Paulo. O prefácio da segunda edição do livro registra:

“A primeira versão deste texto surgiu como notas de aulas do curso de pós-graduação” Projeto de Sistemas Digitais “, ministrado pelo professor Langdon,

⁵⁵ O livro chamado Projeto de Computadores Digitais (LANGDON; FREGNI, 1977) descreve detalhadamente o Patinho Feio no capítulo 5.

na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), no primeiro semestre de 1971... No segundo semestre de 1971, o professor Langdon convidou o engenheiro Edson Fregni, que assistira ao curso, para, juntos, reescreverem aquelas notas de aula... Acredita-se ser desnecessário justificar a existência de tal livro no Brasil. Aqui ele não é” mais um “, pois pouca coisa se tem publicado em português nessa área...”.

Outros argumentos, ligados ao *glamour* de lidar com uma área de vanguarda no país, também foram colocados na mesa de negociações para a consolidação do projeto. Segundo Victor Mammana de Barros, “... *havia um certo appeal, pois queríamos fazer algo que não existia no Brasil efetivamente...*”.

Com base nestas traduções, e já tendo o departamento de engenharia de eletricidade como aliado, o professor Hélio entrou em contato com o diretor da EPUSP, na época o professor Oswaldo Fadigas, que forneceu os recursos necessários. Segundo Edith Ranzini (2001), o professor Oswaldo Fadigas “*era um homem de muita visão e tinha vontade política. Assim, ele trouxe um elemento fundamental para o aceite do projeto: o suporte financeiro proveniente dos recursos da própria Escola Politécnica*”.

Segundo Vera Dantas (1988, p.50), os recursos para o projeto foram provenientes também do CNPq e da Fapesp, após muitas negociações conduzidas pelo próprio Oswaldo Fadigas⁵⁶.

Todos este movimentos fortalecem as novas alianças que estão sendo formadas: o professor Hélio mostra que os interesses do grupo são os interesses do LSD e também da EPUSP. Sendo interesse da EPUSP, o projeto de construção passa a ser de interesse do diretor da escola. A ligação do professor Oswaldo Fadigas com o projeto se fortalece e fica visível na sua busca por novos recursos financeiros.

Paralelamente aos processos de mudança de currículo da Engenharia Elétrica e de construção do minicomputador, uma outra história tinha lugar fora da Universidade:

⁵⁶ Segundo o professor Oswaldo Fadigas, a maior parte dos recursos do Patinho Feio era distribuída de uma maneira informal e sem os tramites burocráticos do serviço público.

Na década de 60, José Pelúcio Ferreira, funcionário do então BNDE⁵⁷ desde 1952, promovia debates com a participação de técnicos, professores e consultores externos. Segundo Vera Dantas (1988, p.40), Pelúcio se preocupava em encontrar maneiras de reverter “o quadro existente em que todo o conhecimento tecnológico e de engenharia, associados a grandes projetos industriais, eram importados”. Destes debates, surgiu a proposta de aplicar três por cento do orçamento do BNDE em um fundo de auxílio para os projetos tecnológicos nacionais – o chamado Funtec. Segundo Vera Dantas (1988, p.42), Pelúcio assumiu o Núcleo de Programas Especiais do BNDE⁵⁸, formando um grupo pequeno de economistas que incentivou a criação de novos cursos de pós-graduação e foi à caça de projetos industriais nacionais.

Em 1968, o Núcleo de Programas Especiais analisou dois projetos que integravam diversas áreas de conhecimento, passíveis de financiamento. Destes, o projeto aprovado versava sobre a construção de um protótipo de computador. Para o Núcleo, seria interessante contatar instituições de ensino e pesquisa para este projeto como uma forma de fomentar a pesquisa aplicada nesta área de conhecimento, “ainda sem dono” (DANTAS, 1988, p. 43). Em um curto espaço de tempo, a idéia de construir um protótipo de computador receberia também um forte aliado, a Marinha do Brasil, representada pelo capitão-de-fragata José Luís Guarany do Rego, engenheiro formado pela USP. Na Marinha, o capitão-de-fragata Guarany era um especialista em buscar soluções para as necessidades tecnológicas em áreas como comunicações e eletrônica. Segundo Vera Dantas (DANTAS, 1988, p.43), Guarany havia tomado conhecimento desta idéia do BNDE através do coordenador de pós-graduação do Centro Técnico Científico da PUC-RJ, Amílcar Ferrari. O professor Amílcar era amigo tanto de Pelúcio quanto de Guarany. A partir desta coincidência, o projeto idealizado pelo BNDE tomaria uma outra dimensão.

A Marinha havia comprado novas fragatas, fabricadas na Inglaterra, que viriam equipadas com mísseis de longo alcance, controladas por computadores. Guarany argumentava que se não existissem técnicos brasileiros capazes de solucionar possíveis defeitos, os navios poderiam ficar à deriva e sem utilidade real.

⁵⁷ Atualmente BNDES.

⁵⁸ Este Núcleo reuniu o Funtec e mais dois fundos (DANTAS, 1988, p.42).

“Naquela época, a Marinha precisava de computadores para as fragatas que havia comprado. Ela achava que, em face da Segurança Nacional, estes computadores deveriam ser feitos no Brasil.” (RANZINI, 2000)

Para a Marinha, segundo Vera Dantas (1988, p. 39), o projeto que seria financiado pelo BNDE caiu como uma luva, pois ela tinha a intenção de “dominar a tecnologia” e se capacitar para, ao menos, executar os serviços de manutenção necessários nos equipamentos comprados juntos com as novas fragatas. E este era um excelente motivo para ela se engajar neste projeto.

Ao saber do interesse demonstrado pela Marinha e os motivos desse seu interesse, Pelúcio vislumbrou a concretização de uma idéia antiga: engajar a engenharia brasileira nos projetos financiados pelo BNDE para desenvolvimento de projetos tecnológicos (DANTAS, 1988, p.39). Mas alguns obstáculos deveriam ser ultrapassados para que esta parceria seguisse adiante. Em primeiro lugar, o valor estimado para o projeto, de 7 milhões de cruzeiros na época, dificultava os acordos. Pelas normas vigentes no Funtec, o BNDE só poderia financiar até 50% do valor estimado do projeto. O valor restante deveria ser levantado pela própria beneficiária. Mas a Marinha informava que não possuía a quantia necessária. Mesmo com o BNDE alterando regras para aumentar a sua participação financeira, o projeto somente foi acordado quando o FNDCT anunciou que iria financiar a parte que cabia à Marinha. Este projeto recebeu o nome inicial de PCOMP 111⁵⁹ e, posteriormente assumiu o nome de projeto G-10 para, desta forma, fazer uma homenagem ao comandante Guarany⁶⁰. Em segundo lugar, “as discussões promovidas nas Universidades com relação ao projeto estavam se tornando problemáticas, pois cada professor idealizava configurações diferentes” (DANTAS, 1988, p.43).

Mas as mudanças nas regras existentes para os projetos financiados não ficariam somente na área financeira. Já que uma das forças armadas se beneficiaria de um programa usualmente destinado às instituições de pesquisa, o Funtec 111 obteve um tratamento diferenciado dos demais projetos. Segundo Vera Dantas (1988, p.44), em 18 de fevereiro de 1971 foi criado o Grupo de Trabalho Especial – GTE, através do decreto 68.267. Este grupo teria autonomia para

⁵⁹ Segundo Edith Ranzini (RANZINI, 2000), os recursos eram do Funtec com o número 111, portanto o projeto foi denominado PCOMP 111. Segundo Vera Dantas (1988, p. 44), o projeto chamava-se Funtec 111.

⁶⁰ Guarany faleceu em 1973 como consequência de uma hérnia de esôfago.

contratações e gerência da verba do projeto. Para que este grupo representasse os interesses da Marinha e do BNDE, foi escolhido um representante de cada instituição: a Marinha ficou representada pelo capitão-de-fragata e engenheiro eletrônico, formado pela USP, Guaranys e o BNDE foi representado pelo também engenheiro eletrônico, formado pela PUC-RJ⁶¹, e funcionário da Petrobrás Ricardo Saur. Com estas escolhas, estava sendo desenhado um quadro que levaria aos centros de pesquisa escolhidos para desenvolver o computador.

Após a criação do Grupo de Trabalho Especial, começou a ser articulado o contato com os centros de pesquisas, julgados capazes de fazer este trabalho. Consta, segundo Vera Dantas (1988, p. 49), que o GTE foi assediado por empresas privadas e por instituições públicas quando visitou um congresso da SUCESU⁶², que estava sendo realizado em São Paulo em 1971.

Segundo Edith Ranzini, professora da USP, os jornais da época divulgaram notícias sobre o projeto. Estas notícias relatavam que a Marinha estava escolhendo um grupo universitário para desenvolver computadores para suas fragatas.

Nesta época, o Instituto de Física da USP também obteve alguma documentação das fragatas encomendadas pela Marinha. Segundo o professor Cláudio Mammana, o Departamento de Física da USP foi sondado com relação ao Funtec 111. Cláudio acredita que o procedimento foi o mesmo com outras unidades da Universidade.

“... Acho que o grupo do LSD tinha conhecimento do projeto. Aqui, na Física, sabíamos das intenções da Marinha. Eles chegaram a nos entrevistar...Por aqui, nós tomamos conhecimento de que as fragatas estavam equipadas com máquinas da Ferranti. Chegamos a obter a documentação delas mas não examinamos com profundidade.” (MAMMANA, 2001)

A EPUSP, através do projeto de construção do seu computador, poderia estar entre as Universidades candidatas ao projeto da Marinha-BNDE. E este seria mais um argumento para que a construção física do projeto no LSD tivesse o apoio, material e financeiro, da Escola.

⁶¹ Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

“... Este projeto, o Patinho Feio, foi o embrião de um projeto maior (o do computador G-10⁶³), que foi realizado (de 1972 até o final de 1975) pela equipe do LSD da EPUSP e pela PUC-RJ, financiado pelo Governo federal e executado sob a administração da FDTE⁶⁴ que foi instituída em Dezembro de 1972...” (RANZINI, 2001).

O próximo item deste capítulo contém depoimentos sobre o aparecimento de um nome para o computador produzido pelo LSD, até então chamado de “projeto do LSD” ou “computador do LSD”. Nestes depoimentos fica visível a influência que a divulgação do projeto da Marinha exerceu nas Universidades candidatas.

2.4 O batizado do projeto de sistemas digitais.

Cena 4

O grupo do novo projeto do Laboratório de Sistemas Digitais – o projeto para a construção do minicomputador - sentados em torno de uma mesa, esperavam o início da reunião para a troca de informações sobre o andamento do projeto. Durante esta espera um jornal circulava entre os integrantes. Ele continha informações sobre a Unicamp e o seu projeto para a construção de um computador, batizado de Cisne Branco. Foi quando alguém disse: - O nosso se chamará Patinho Feio. Aquele que virará cisne.

⁶² A Sociedade dos Usuários de Computadores e Equipamentos Subsidiários foi criada em 1967 objetivando permitir uma maior interação dos grandes usuários de computadores.

⁶³ Segundo o professor Antônio Massola, com a morte precoce de Guaranys, aos 36 anos em 1973, o projeto Funtec 111 recebeu o nome de projeto G-10 em sua homenagem.

⁶⁴ Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia

Um interesse, um nome:

*“Qual cisne branco em noite de lua
Vai deslizando num lago azul
O meu navio também flutua
Nos verdes mares, de norte a sul”⁶⁵...*

Enquanto dentro do LSD da EPUSP o esboço do projeto de um computador se transformava em protótipo, a Unicamp anunciava o início da construção de seu computador através de uma ampla divulgação nos jornais da época. A Unicamp não escondia a sua pretensão de vir a ser a instituição escolhida para desenvolver o computador para a Marinha, projeto gerenciado pelo GTE. Segundo Edith Ranzini (2000), *“a Unicamp afirmava que possuía a capacitação necessária para desenvolver o computador e poderia vir a ser a instituição escolhida. E como o computador era destinado à Marinha, ela batizou o seu protótipo de Cisne Branco”*.

Segundo Vera Dantas (1988, p.51), “disposta a utilizar todos os trunfos para conseguir o contrato, a Unicamp batizou de Cisne Branco o computador que começava a desenvolver e tratou de divulgar o fato em uma ampla reportagem no Jornal da Tarde”.

A canção do Marinheiro, citada no início deste item, é utilizada pela Marinha como hino. Nomeando o seu computador de Cisne Branco, a Unicamp o associava ao Cisne do hino e, conseqüentemente à Marinha. Com esta associação ela procurava mostrar que poderia atender aos interesses do GTE (LATOURE, 1988, p.108)⁶⁶. Neste momento, o interesse do GTE era o de construir um computador para a Marinha.

⁶⁵ Trecho da música “Canção do Marinheiro” - letra de Benedito Xavier de Macedo e música de Antônio do Espírito Santo.

⁶⁶ A maneira mais fácil de achar pessoas que acreditem no fato, invistam no projeto, ou comprem o protótipo é construí-lo de tal forma que o mesmo atenda aos interesses explícitos destas pessoas.

Um projeto, uma brincadeira, um nome:

*“... Os patinhos, um a um, foram pondo suas cabecinhas para fora, ainda com as peninhas molhadas. No meio da ninhada, havia um patinho meio estranho, bem diferente dos outros...”*⁶⁷

Enquanto isto, na EPUSP, o projeto do minicomputador que estava sendo desenvolvido dentro do LSD, ainda não possuía um nome, mas viria a ser batizado de Patinho Feio. Sobre a escolha do nome existem diversas versões, mas todas fazem referência ao protótipo da Unicamp.

Segundo o professor Antônio Massola, “como naquela época todos se conheciam”, o LSD recebeu a visita de um representante da Unicamp que julgou o desenvolvimento do protótipo da EPSUP-LSD bastante adiantado, aliás, bem mais adiantado do que o da sua própria Universidade.

*“... Um belo dia, o Mariozinho*⁶⁸*, que é muito meu amigo, veio conversar conosco e ficou surpreso com a fase adiantada do nosso protótipo”.*(Massola, 2001).

E então, ainda segundo o professor Massola, o grupo do projeto, que estava reunido com a visita, respondeu que aquele era o Patinho Feio.

“... E assim virou o Patinho Feio. O computador que virou cisne...”
(Massola, 2001).

Uma outra versão, segundo Edith Ranzini, reporta que durante uma das reuniões promovidas com os integrantes da equipe, para verificação do andamento do projeto, um dos membros do grupo trouxe uma folha de jornal onde havia a notícia sobre o computador da Unicamp. E ao ler a notícia sobre o fato do computador estar sendo chamado de Cisne Branco, o grupo nomeou o seu projeto de Patinho Feio.

“... Em contrapartida, nós achávamos que não tínhamos capacidade ainda para fazer o Cisne Branco. Mas íamos fazer um Patinho Feio e mostrar que

⁶⁷ O Patinho Feio – história clássica infantil escrita por Hans Christian Andersen.

funcionava, porque um dia o Patinho Feio ia se transformar num Cisne...” (RANZINI, 2001).

Uma outra versão, lembrada por Edson Fregni, reporta que o nome do Patinho Feio surgiu durante o congresso de reitores realizado no Hotel Glória, onde Paulo Patullo, um dos primeiros integrantes da equipe do LSD, iria demonstrar o projeto do seu modem.

“Quando estávamos no meio do projeto, que se chamava computador do LSD (ou algo parecido), fomos para o Rio de Janeiro (Hotel Glória) ajudar o Paulo Patullo a demonstrar o projeto de modem (sua tese de mestrado). Foi a minha primeira viagem de avião. No aeroporto, alguém mostrou uma reportagem do Jornal da Tarde, que ocupava uma página inteira, com o professor Mário Telles (então na Unicamp). A Unicamp de Zeferino Vaz era muito agressiva e buscava verbas e promoções onde podia. Com um olho nas verbas da Marinha, que já tinha divulgado que buscava uma universidade brasileira para desenvolver seu computador, o Mario apresentava, naquela reportagem, um projeto de um computador que estaria sendo construído na Unicamp (soube-se depois que não saiu do papel), cujo nome era Cisne Branco (uma indisfarçável forçada de barra para agradar a Marinha). Esta reportagem causou impacto e revolta no nosso grupo, indignados com o golpe de marketing. O Paulo Patullo, de bom humor, disse então:” - se o computador deles se chama Cisne Branco, o nosso será o Patinho Feio “. Estava batizado e o orgulho do grupo resgatado”. (FREGNI, 2001).

Segundo Vera Dantas (1988, p.52), “em uma gozação a Unicamp, o LSD deu ao seu quase-pronto computador o nome de Patinho Feio, aquele que um dia se transformaria em cisne.”

Mas a notícia veiculada sobre a intenção do GTE e a concorrência entre as demais instituições candidatas à este projeto⁶⁹ trouxeram algumas mudanças na condução do projeto do LSD. Como candidata ao projeto do GTE, a USP agilizaria o processo de construção do Patinho Feio e faria de sua inauguração uma grande festa.

⁶⁸ Mário Telles – Na época era professor da Unicamp.

⁶⁹ Segundo Cláudio Mammana, embora os relatos atribuam o batismo do computador do LSD às notícias envolvendo a Unicamp, havia outras instituições concorrentes e capazes de construir o computador para a Marinha.

E o minicomputador do LSD passou a ser chamado de Pato Feio, ou Patinho Feio. E este nome esteve presente em diversas teses e trabalhos de final de curso da Engenharia Elétrica.

Além das teses geradas na construção do Patinho Feio, algumas posteriores propuseram modificações na arquitetura do modelo. Um exemplo é a tese de Moacyr Martucci Junior que propunha modificações no protótipo para permitir um aumento de memória. Esta tese foi defendida em 1979 com o título: “Projeto de uma memória monolítica. Recurso para ampliação da memória principal de um minicomputador”⁷⁰.

Ainda hoje o Patinho Feio está inscrito em trabalhos que o citam como o primeiro computador brasileiro construído no Brasil⁷¹.

A próxima figura [Figura 6] traz o Patinho Feio inserido na rede para a capacitação de um corpo técnico em sistemas digitais.

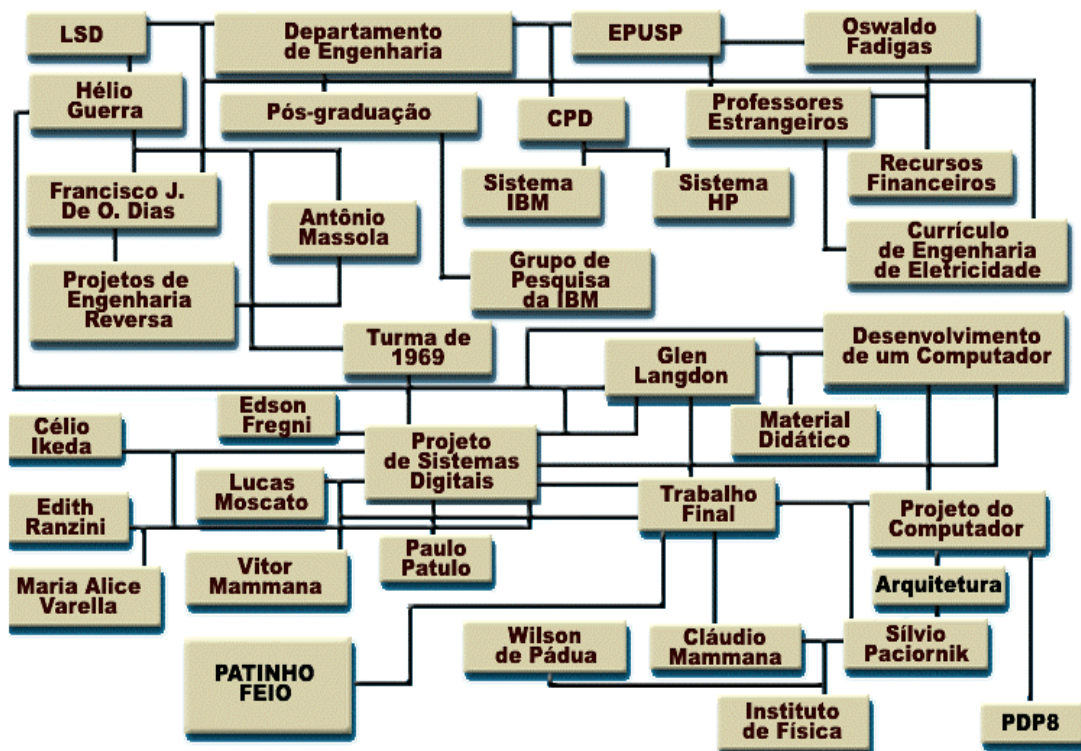


Figura 6 – Uma lista de atores.

⁷⁰ Orientado por Antônio Marcos de Aguirra Massola.

⁷¹ Alguns autores (MORAES, 2001) apontam o computador chamado Zezinho desenvolvido no ITA, como projeto final de curso, pelos alunos José Elias Ripper, Fernando Vieira de Souza, Alfred Wolkmer e Andras Vásárhelyi como o primeiro computador brasileiro.

3. O Patinho Feio como construção sociotécnica.

Cena 5

Os papéis que descreviam a arquitetura do Patinho Feio o dividiam basicamente em: memória, unidade de controle de processamento, unidades de entrada e saída e unidade aritmética. Esta era uma divisão padrão de um computador e havia sido vista no curso de Glen. A equipe que iria desenvolver o Pato Feio acabou dividida da mesma maneira, na forma do computador.

“O professor Hélio Guerra pediu recursos para implementar o projeto. E assim, o Patinho Feio foi desenvolvido, quase que exclusivamente, com os recursos da Escola Politécnica”.(RANZINI, 2000)

“... Oswaldo Fadigas era o diretor da Escola Politécnica na ocasião e, através da escola, deu todo o suporte financeiro para nós fazermos o projeto”.(MASSOLA, 2001)

Com o projeto aceito, a EPUSP iniciou a liberação dos recursos necessários para viabilizar a construção do computador do LSD, através do seu diretor Oswaldo Fadigas. Os recursos para o projeto eram provenientes, em sua maior parte, da própria Escola Politécnica. Como o fornecimento de recursos não seguiu o curso usual para a liberação de financiamento dos projetos da USP, não há registro das despesas efetuadas para a construção do Patinho Feio. A maior parte dos participantes do projeto, cujos depoimentos este estudo utiliza, também não souberam informar o valor efetivo utilizado.

“Realmente não deve ser fácil conseguir ‘provas documentais’ sobre a existência do Pato.” (SHIMIZU, 2002)

Segundo o professor Oswaldo Fadigas, se as regras para a aprovação de um projeto fossem seguidas o Patinho Feio não sairia do papel.

“Teria sido impossível construir o Patinho Feio com as restrições burocráticas do serviço público. Durante muito tempo guardei as notas fiscais (não há registro oficial das despesas feitas) dos gastos efetuados, mas não as tenho mais. Lembro-me que toda semana o professor Hélio Guerra me prestava contas e levava uma nova quantia, se não me falha a memória, 5000 cruzeiros (acho que por semana).” (FADIGAS, 2002).

Mas para a efetiva construção do Patinho seria necessário efetuar modificações no que estava documentado em papel - re-concepções do Patinho Feio. O projeto inicial, isto é, a primeira versão do Patinho Feio compilada dos exercícios, embora estivesse compatível com a descrição teórica sobre arquiteturas de computadores, seria modificado para se adequar ao material elétrico, eletrônico e humano existentes.

*“... aquele trabalho de pós-graduação esteve na raiz da arquitetura do Patinho Feio ...”*⁷² (MAMMANA, 2001)

“... Aquilo que foi feito com o curso teve algumas mudanças significativas na hora de se implementar. O projeto feito no curso teve uma finalidade – aprender a fazer um sistema digital. O hardware do Patinho Feio - unidade de controle e periféricos – foi todo feito na EPUSP. Houve dois estágios: primeiro veio o projeto do curso e depois a implementação do projeto.” (MASSOLA, 2001).

“No curso, o trabalho consistiu em especificar a arquitetura do computador” (FREGNI, 2002).

Mesmo considerando os trabalhos finais como sendo as raízes do Patinho, para transformar a máquina do papel em um protótipo o LSD iria necessitar de soldas, fios, placas de circuitos integrados, parafusos, gabinete, placas de metal, maquinário auxiliar, brocas e homens. E a inclusão destes atores no processo acarretaria negociações, as quais, por sua vez, modificariam as definições iniciais.

⁷² Cláudio Mammana comenta sobre o seu trabalho de final de curso. Este comentário está de acordo com os depoimentos de Glen Langdon e Edson Fregni.

“... Foi um desafio. Era como escalar uma montanha vertical onde não havia martelo, nem corda ou cabo. E você devia fabricar a corda, fazer o prego e bolar um jeito de adaptar aquele prego na rocha...” (NETO, 2001).

Segundo Edson Fregni (FREGNI, 1972, p.3), o esquema desenhado para o minicomputador se identificava com o esquema proposto, em 1947, por J. Von Neumann⁷³ [Figura 7], que é utilizado ainda hoje.

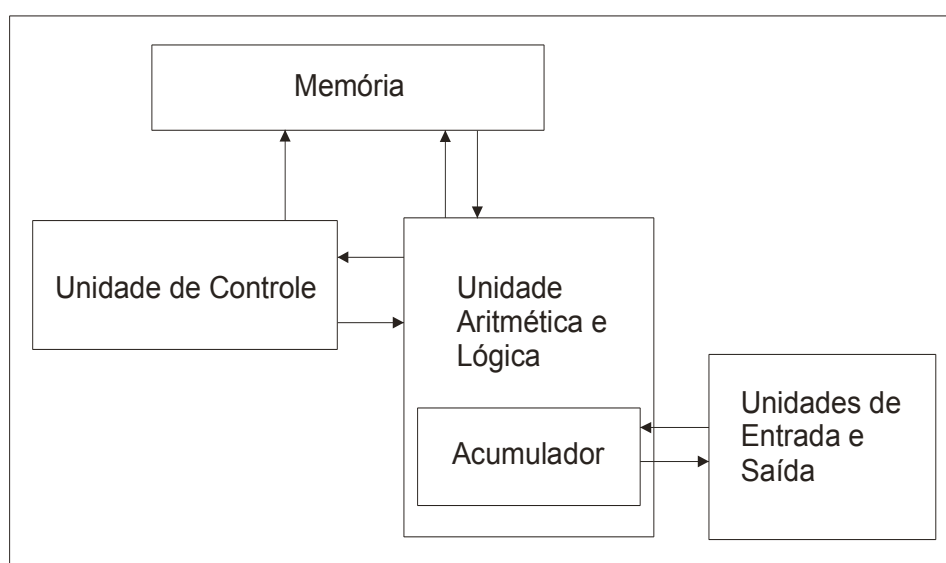


Figura 7 – Esquema de Von Newmann. Fonte: (FREIRE, p. 6)

Mas também havia algumas especificações para a classificação do projeto dentro da categoria de minicomputadores⁷⁴. Estas especificações seriam respeitadas pela equipe do LSD na montagem do seu protótipo. De acordo com Edson Fregni, Glen havia escolhido uma arquitetura que se aproximava muito da arquitetura do PDP-8 – um minicomputador da DEC⁷⁵. O PDP-8, que possuía

⁷³ A Máquina de Von Newmann era dividida em cinco partes básicas: memória, acumulador, unidade de controle, unidade aritmética e unidades de entrada e saída.

⁷⁴ Segundo Edson Fregni (1972, p. 3), os minicomputadores são caracterizados por possuir palavras que variam de 8 a 18 bits, tamanho de memória variando de 1k a 32k e ciclo de máquina variando entre 0,8 a 2,2µs.

⁷⁵ Digital Equipment Corporation – A chamada família PDP-8 foi comercializada entre 1965 e 1990. Campeão de vendas no mundo, o PDP-8 foi o primeiro computador a ser produzido em massa e a ter um custo mais baixo para venda. (Referência: <http://www.pdp8.net>).

palavras de 12 bits, era capaz de processar as suas instruções com uma velocidade de processamento que variava entre 1.2 μ s e 4.0 μ s. Portanto, o material e a mão de obra que seriam utilizados no processo de construção deveriam estar em sintonia com estas definições. Para o professor Antônio Massola, estes fatos criavam um caminho a ser seguido.

“... As opções para a montagem do projeto eram muito reduzidas: ou você fazia daquele jeito ou o artefato não saía, pois não havia um outro caminho diferente...”. (MASSOLA, 2001).

Tal como a definição dada pelo esquema de Von Newmann, a construção do minicomputador do LSD estava dividida em desenvolvimento da unidade de controle, construção da memória, implementação da unidade aritmética e adaptação de unidades de entrada e saída. E, por conseguinte, as tarefas necessárias para desenvolver o minicomputador, estariam ligadas à esta divisão.

O grupo alocado para o projeto Patinho Feio, cuja espinha dorsal era formada pelos integrantes do curso ministrado por Glen, foi dividido em equipes que correspondiam à própria divisão do esquema inicial proposto. Esta divisão da equipe já vinha sendo articulada pelas respostas dadas aos exercícios propostos durante o curso e pelas pesquisas que já vinham sendo desenvolvidas por alguns integrantes do grupo.

Formadas as equipes, o Patinho Feio também faria parte das atividades de ensino e pesquisa desenvolvidas no laboratório. Posteriormente, esta mesma divisão em equipes ficou visível nas teses resultantes do projeto do Patinho Feio.

“Era um projeto. Alguns (eu, por exemplo) conseguiram ampliar seu trabalho numa tese. Mas, sem dúvida o projeto tinha identidade e autonomia própria”.(FREGNI, 2002)

Para ilustrar melhor esta divisão dentro do projeto, segue a descrição de tarefas realizadas por alguns dos participantes⁷⁶ das equipes que construíram o Patinho Feio:

⁷⁶ Vários foram os estudantes que participaram do projeto durante a construção do Patinho Feio,. Devido à falta de documentação, alguns destes participantes provavelmente não estão citados.

Unidade de Controle de Processamento (UCP).

Edson Fregni ficou envolvido com a unidade de controle de processamento (UCP) do Patinho Feio. Sua dissertação de mestrado⁷⁷, concluída em agosto de 1972, teve como título “Projeto Lógico da Unidade de Controle de um Minicomputador”. A sua tese descreve as re-concepções produzidas na Unidade de Controle do Patinho Feio, decorrentes das escolhas que foram sendo feitas durante a construção física da UCP. Edson Fregni também foi responsável pela elaboração do relógio central do minicomputador que também consta na sua tese.

Célio Ikeda, segundo o professor Antônio Massola, engajou-se na equipe responsável pela confecção da fonte junto com Victor Mammana de Barros. Mas segundo o professor Lucas Moscato ele teve uma participação significativa também na equipe para a construção da UCP. Aliás, há uma unanimidade nos depoimentos sobre Célio Ikeda: participação ativa em todas as fases e junto a todas as equipes. Segundo Edson Fregni, Célio Ikeda não completou a sua dissertação de mestrado.

Unidade Aritmética.

Victor Mammana trabalhou no projeto da unidade aritmética, participou do desenvolvimento da fonte de alimentação do computador e foi também atuante na confecção do software básico para o Patinho Feio com a elaboração de programas simuladores para os testes do software desenvolvido. Estes testes promoveram algumas mudanças na linguagem computacional que seria utilizada no software básico do Patinho Feio.

Segundo Edson Fregni, Victor Mammana estava desenvolvendo a sua tese sobre a unidade aritmética. O próprio Victor informou que mudou sua área de atuação, optando por não terminar a sua dissertação na área de sistemas digitais. A unidade aritmética do Patinho Feio está descrita na tese de Edson Fregni.

Memória.

Edith Ranzini fez parte da equipe que ficaria responsável pelo desenvolvimento da memória do Patinho Feio. Sua dissertação de mestrado, defendida em 1975, teve como título “Projeto e ensaio de memórias de núcleos de ferrite”.⁷⁸

Paulo Patullo também fez parte do grupo dedicado ao projeto da memória. Paulo Patullo já estava desenvolvendo a sua dissertação antes da construção do Patinho Feio. Ela foi defendida em 1971 e se intitulava “Modem para transmissão de dados”⁷⁹.

Interfaces de Entrada e Saída.

Lucas Antônio Moscato esteve presente na equipe dedicada às interfaces de entrada e saída.

Lucas também já estava desenvolvendo sua dissertação antes do projeto de construção do computador. A dissertação de Lucas Moscato, defendida em 1971, versou sobre “Terminal para transmissão de dados”⁸⁰.

Wilson Ruggiero e Stephan Kovach atuaram como estagiários no projeto das interfaces de entrada e saída. Em 1975 eles defenderam suas dissertações de mestrado com os títulos de “Projeto de um processador central microprogramado” e “Projeto de um sistema de entrada e saída de um minicomputador”⁸¹, respectivamente. A tese de Wilson Ruggiero era a descrição da forma de trabalho do processador do protótipo do projeto G-10. Um exemplo de algumas instruções do G-10 e suas respectivas representações na base binária pode ser visto na [Figura 8].

⁷⁷ Orientado por Glen Langdon.

⁷⁸ Orientada por Antônio Hélio Guerra Vieira.

⁷⁹ Orientado por Antônio Hélio Guerra Vieira.

⁸⁰ Orientado por Antônio Hélio Guerra Vieira.

⁸¹ Orientados por Antônio Hélio Guerra Vieira.

INSTRUÇÕES DO G10*														
15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0														
PARA	PARA													
PARA E/S	PARA	NO-SP, NCAN												
PERMITE INTERRUÇÃO E/S	PERM	NO-SP, NCAN												
PULA P/ SUBROFIMA	PUB	R ₁ (I ₁)	DESLC	R ₂ (I ₂)										
PULA C/ DESL. LONGO UNIDIRECIONAL	PLA	DESLC												
PULA C/ DESL. LONGO DE C/R	PLC	DESLC												
PULA C/ DESL. LONGO DE S	PRL	DESLC												
PULA C/ DESL. LONGO DE D	PRL	DESLC												
PULA C/ DESL. LONGO DE R	PRL	DESLC												
PULA C/ DESL. LONGO DE H	PRL	DESLC												
PULA C/ DESL. LONGO DE J	PRL	DESLC												
PULA C/ DESL. LONGO DE F	PRL	DESLC												
PULA C/ DESL. CURTO UNIDIRECIONAL	PLC	DESLC												
PULA C/ DESL. CURTO DE C/R	PLC	DESLC												
PULA C/ DESL. CURTO DE S	PRL	DESLC												
PULA C/ DESL. CURTO DE D	PRL	DESLC												
PULA C/ DESL. CURTO DE R	PRL	DESLC												
PULA C/ DESL. CURTO DE H	PRL	DESLC												
PULA C/ DESL. CURTO DE J	PRL	DESLC												
PULA C/ DESL. CURTO DE F	PRL	DESLC												
RESTAURA REGISTRADOR	RSTR	R ₁												
RESTAURA STATUS	RSTR	R ₂												
REPETE	REP													
ACIONA DE INTERRUÇÃO	RIT	OPERANDO												
SAÍDA DE BLOCO DESERVIOTRADA	SDBD	NO-SP, NCAN												
SAÍDA DE BLOCO IMPACTADA	SDBP	NO-SP, NCAN												
SAÍDA DE DADOS	SAD	NO-SP, NCAN												
SOMA LONGO	SOM	R ₁ (I ₁)	DESLC	R ₂ (I ₂)										
SUBTRAÍ LONGO	SUB	R ₁ (I ₁)	DESLC	R ₂ (I ₂)										
SOMA REG. C/ÁREA DE DADOS	SOMR	R ₁ (I ₁)	DESLC	R ₂ (I ₂)										
SOMA REG. C/ÁREA DE P. C/ÁREA	SOMR	R ₁ (I ₁)	DESLC	R ₂ (I ₂)										
SUBTRAÍ REG. C/ÁREA DE DADOS	SUBR	R ₁ (I ₁)	DESLC	R ₂ (I ₂)										
SUBTRAÍ REG. C/ÁREA DE PROGRAMA	SUBR	R ₁ (I ₁)	DESLC	R ₂ (I ₂)										
SALVA REGISTRADOR	SVR	R ₁												
SALVA STATUS	SVR	R ₂												
SOMA IMEDIATO	SOMI	IMEDIATO												
SUBTRAÍ IMEDIATO	SUBI	IMEDIATO												
SOMA BYTE	SOMB	R BASE												
SUBTRAÍ BYTE	SUBB	R BASE												
SOMA COM DESL. CURTO	SOMC	DESLC												
SUBTRAÍ COM DESL. CURTO	SUBC	DESLC												
SERENA BYTE	SER	R ₁ (I ₁)												

Figura 8 - Exemplo do projeto do G-10: instruções. Fonte (RUGGIERO, 1975).

“O Wilson Ruggiero e Stephan Kovach foram os principais projetistas do G10 - creio que as teses deles tiveram a ver com aquele projeto (nessa época eu já estava em Stanford)”. (FREGNI, 2002)

Painel frontal e software básico.

Outros integrantes do LSD também participaram da construção do Patinho Feio. O painel frontal foi montado por Antônio Marcos de Aguirra Massola e Nelson Zuanella⁸². O professor Antônio Massola, cuja tese de doutorado defendida em 1974 teve como título “Automação de projetos de sistemas digitais: simulação

⁸² Segundo os depoimentos de Antônio Massola e Edson Fregni, havia um outro integrante do grupo construtor do painel, mas não foi possível identificá-lo pelo nome.

em nível de portas lógicas”, também era da equipe responsável pela confecção do software básico.

Novos atores para a construção de hardware e software.

Durante o processo de construção do Patinho Feio a equipe recrutou novos participantes, recém-formados e não. Muitos dos alunos da Engenharia de Eletricidade, que estavam fazendo uso do novo currículo de graduação acrescido da especialização em sistemas digitais, trabalharam como estagiários ao longo da construção do Patinho Feio. Estes estágios foram orientados por professores com maior ou menor grau de participação no projeto. Entre estes alunos estavam João José Neto, Benício José de Souza, Selma Shimizu e Roger Cintra Ferreiro, estagiários da equipe de software básico e Flávio Celidônio Meirelles, da equipe de hardware, que auxiliou Edson Fregni.

A tese de mestrado de João José Neto, defendida em 1975, teve como título “Aspectos do projeto de software de um minicomputador”.⁸³ Selma Shimizu também defendeu a sua dissertação intitulada “Automação de projetos de sistemas digitais: posicionamento de componentes”⁸⁴ em 1975.

A tese de Benício José de Souza foi defendida em 1976 e teve como título “Software de um minicomputador: sistema básico de controle”⁸⁵

Além destes alunos, outros integrantes participaram do projeto, tais como Marcelo Pessoa, Wilson de Pádua⁸⁶ e Maria Alice Grigas Varella Ferreira. Esta última teve uma participação mais atuante no projeto G-10, pois ela participou do curso de Glen como ouvinte e retornou ao LSD somente quando o Patinho Feio já estava praticamente desenvolvido. A dissertação de Maria Alice, defendida em 1974, tinha como título “Sistema de programação ‘cross-montador’ para um minicomputador”⁸⁷.

Edson Fregni também cita na parte pré-textual de sua dissertação os seguintes alunos e engenheiros como colaboradores do projeto: Edit Grassiani, que

⁸³ Orientado por Antônio Marcos de Aguirra Massola.

⁸⁴ Orientada por Antônio Marcos de Aguirra Massola.

⁸⁵ Orientado por Tamio Shimizu.

⁸⁶ Destes dois participantes não há referência sobre o trabalho desenvolvido pelos mesmos.

⁸⁷ Orientada por Tamio Shimizu.

colaborou durante a elaboração do projeto lógico e defendeu sua dissertação em 1975 com o título “Procedimentos microprogramados num minicomputador”⁸⁸; Laércio Antônio Marzagão, Nestor Mattos Cunha Jr., Giácomo Henrique D’oro e Luiz Carlos Viegas, que colaboraram durante a implementação física; Haroldo Guibu, que colaborou na elaboração dos programas de testes; Luiz Henrique Tadeu Pedroso, que auxiliou no desenvolvimento do software do Patinho Feio; Aldo José Kuhl Jr., Sérgio Gonçalves, Marcelo Pessoa, José Antônio Telles Guerra e Jorge Ramón D’Acosta Rivera, colaboradores nas diversas etapas da construção do Patinho Feio.

Sobre o desenvolvimento da memória, em sua entrevista o professor João José Neto conta que para o desenvolvimento de sua dissertação sobre memórias de núcleo de ferrite, Edith produziu a sua própria memória. Para isto, ela costurou os fios para acomodar os núcleos de ferrite, esticando a matriz pelos corredores da EPUSP. Este fato é lembrado por Egmont Shimizu, que foi estagiário do LSD em 1974:

“A Edith foi responsável pelo projeto e construção dos módulos de núcleo de ferrite (acho que 16Kx18) da primeira geração do G-10, que foi o tema da dissertação dela” (SHIMIZU, 2002).

Um outro ponto interessante a ser registrado está relacionado com a documentação e as anotações realizadas antes e durante a construção do Patinho Feio. Segundo Glen Langdon, Edson Fregni e Célio Ikeda foram os integrantes com os quais ele manteve uma maior interação. Além disto, eles o auxiliaram com a organização do material do curso de arquitetura e na utilização do mimeógrafo. Aliás, a maior parte dos documentos produzidos para o Patinho Feio, que circulava na EPUSP, estava impresso com o auxílio do mimeógrafo. Mas muitos dos relatórios produzidos sobre o Patinho Feio eram anotações pessoais que se perderam ao longo do tempo. Hoje, as únicas referências existentes sobre o Patinho Feio estão resumidas em teses e no livro de autoria de Glen Langdon e Edson Fregni, com a colaboração de Célio Ikeda, e são utilizadas neste trabalho. E estas documentações fazem referência ao produto final. Exemplos desta

⁸⁸ Orientada por Hélio Guerra.

documentação podem ser encontrados na tese de Edson Fregni (FREGNI, 1972) e são citados no seguinte trecho:

“Dada a complexidade do sistema todas as fases do projeto foram documentadas, desde as reuniões iniciais sobre a definição da arquitetura, até as fases finais, como o layout dos circuitos, os quais foram registrados em cadernos especiais, listagens de computador, etc”. (FREGNI, 1972, p.46)

Na confecção de sua tese, Fregni apresenta alguns desenhos dos circuitos utilizados e esquemas sobre o funcionamento do minicomputador.

Além das anotações efetuadas pelos integrantes das equipes de construção do Patinho Feio, outros métodos contribuía para a integração entre estas equipes. Para que todo o processo de definição e construção das partes do Patinho Feio fosse conhecido pelas demais equipes havia reuniões periódicas onde eram analisados os progressos do projeto. Alguns integrantes faziam anotações sobre as modificações efetuadas na concepção do computador.

“Nós tínhamos reuniões periódicas para saber o que cada um estava fazendo, o que estava precisando. Era o lugar aonde trocávamos idéias”. (MASSOLA, 2001).

Fregni registra em sua entrevista que as reuniões gerais eram coordenadas pelo professor Hélio Guerra, na área administrativa, e pelo professor Glen, na parte técnica. Segundo Fregni, embora ele possuísse o conhecimento necessário para tirar as dúvidas da equipe, nestas reuniões Glen evitava mostrar soluções prontas. Este procedimento contribuía para manter o interesse dos participantes no projeto.

“O estilo do Glen sempre me impressionou. Apesar de conhecer as respostas para muitas questões, ele nos deixava buscar as soluções por nós mesmos. Assim, cada um no seu pedaço, nós nos sentíamos genuínos autores do trabalho”.(FREGNI, 2002)

As reuniões periódicas eram importantes para a interação entre as equipes do projeto. Nestas reuniões eram discutidas questões referentes aos

problemas de recursos e às técnicas de construção de testes. No caso da UCP eram mostrados os esboços de pranchas dos circuitos que deveriam ser construídos e as especificações das micro-operações que seriam implementadas através destes circuitos. Mas isto não impedia que outras questões também pudessem ser discutidas fora dessas reuniões.

“Com exceção de Glen, todos eram novatos no assunto. O Glen acompanhava o projeto ao lado de todos da equipe. Assuntos eram resolvidos fora das reuniões, no dia a dia”.(FREGNI, 2001)

Fechada a caixa preta Patinho Feio, Edson Fregni a descreve como um minicomputador construído com circuitos integrados do tipo TTL⁸⁹, memória principal de núcleo de ferrite com 4k palavras de 8 bits, 55 instruções e ciclo de funcionamento da unidade central de 2μs (FREGNI, 1972, p.35).

Em uma outra descrição, existente no LSD⁹⁰, os componentes internos do Patinho Feio são contabilizados da seguinte forma:

“... A máquina tem, aproximadamente, 450 pastilhas de circuitos integrados, contendo cerca de 3000 blocos lógicos, distribuídas em 45 placas de circuito impresso e 5000 pinos interligados segundo a técnica de” wire-wrap “. A memória principal (núcleos de ferrite) tem capacidade para 4096 palavras de 8 bits; 55 instruções (11 com acesso à memória) comandam a máquina, cujo ciclo é de 2 micro-segundos...” (LSD, 1972).

Mas a configuração final que mostra o Patinho Feio, já como um produto, resultou de diversas negociações que serão vistas em ciclos de concepção-adoção, descritos nos próximos itens. Para que o Patinho Feio pudesse ser descrito como um minicomputador com 55 instruções, o projeto sofreu re-concepções, algumas reproduzidas nas teses geradas a partir do projeto. Consta que estas re-concepções foram devidamente documentadas durante a construção do Patinho Feio⁹¹.

⁸⁹ Transistor Transistor Logic

⁹⁰ Esta descrição é dada por um relatório produzido pelo LSD em 1972, segundo a professora Edith Ranzini.

⁹¹ Segundo o documento intitulado “A USP constrói o primeiro computador brasileiro”, gerado pelo LSD em 1972.

Durante alguns anos o Patinho Feio [Figura 9] funcionou como uma ferramenta didática nos cursos de graduação. No início da cadeira de sistemas digitais, os alunos recebiam uma apostila com a descrição do *hardware* do computador e podiam, durante os exercícios práticos, retirar algumas de suas placas de circuito para observação. No período em que esteve em funcionamento no LSD, o Patinho Feio foi sofrendo algumas novas re-concepções na sua configuração original. Em 1980, um relatório sintético das atividades do LSD relacionava o Patinho Feio como sendo um dos sistemas computacionais disponíveis para uso no departamento de Eletricidade e descrevia-o da seguinte forma:

“Sistema Patinho Feio – Computador com 8000 palavras (8 bits) de memória principal (paginada), leitora e perfuradora de fita de papel, impressora de cartões, *video-display*, com *software* para serviços de teleprocessamento”. (LSD, 1980).



Figura 9 – O Patinho Feio em uma de suas versões.

3.1 Pequenos ciclos de concepção-adoção.

Este item descreve alguns dos acordos selados em torno da construção do Patinho Feio. No capítulo anterior, o computador era um dos nós da rede que estava sendo desenhada. Neste capítulo, este nó será desmembrado em suas partes componentes para melhor avaliação das negociações das técnicas que o constituíram. A análise da rede será feita em ciclos de concepção-adoção destas técnicas.

Segundo Callon (1995, p. 315), “o acordo só pode ser alcançado no fim de um processo de negociação durante o qual tanto a definição das técnicas e a lista de atores elegíveis para negociar tenham sido ajustadas e modificadas, ocorrendo uma adaptação mútua”. Portanto, a narrativa através dos ciclos irá descrever o processo de escolha de algumas técnicas, as influências destas escolhas nas negociações e as mudanças no comportamento de alguns atores em prol da construção do Patinho Feio.

Para a narrativa foram escolhidos alguns ciclos que envolvem diretamente alguns elementos utilizados no Patinho Feio, alteram a escolha destes elementos ou recrutam novos atores para a construção do microcomputador.

A escolha da memória.

“A fase de concepção sempre herda redes formadas em seqüências anteriores.” (CALLON, 1995, p. 319).⁹²

Cena 6

Em abril de 2001, a professora Edith Ranzini recebe alguns visitantes, que desejam conhecer um pouco da história do Patinho Feio na EPUSP. Sua sala sofreu uma reforma recentemente e a arrumação de seu material ainda não foi feita. De dentro de um armário ela retira um objeto quadrado (25 cm de aresta, aproximadamente) de cor escura: uma memória de núcleo de ferrite da marca Philips. Segundo Edith, esta foi a memória utilizada na construção do primeiro Patinho Feio.

“... A memória foi comprada porque não ia dar tempo de fazer...”.
(RANZINI, 2000).

Resumidamente, a memória principal, também conhecida⁹³ como primária, armazena a informação que está sendo tratada, isto é, manipulada pela UCP. Isto significa que qualquer informação proveniente de dispositivos de entrada e saída ou passíveis de utilização passarão pela memória principal antes de serem processadas.

Quanto à memória principal, existem dois parâmetros relevantes, que devem ser levados em consideração ao se projetar um computador. “O primeiro, chamado *bandwidth*, está relacionado com a velocidade de transmissão de informações e significa uma medida da quantidade de palavras (ou bytes) que pode ser transferida, em um determinado período, através da interface que liga a

⁹² Tradução: Ivan da Cota Marques. Original: “A conception phase always inherits network formed in former sequences...” (CALLON, 1995, 319).

⁹³ “Na maioria dos sistemas as memórias primária e principal se confundem. A memória primária é endereçada pela UCP e a principal é a parte da primária de acesso direto e rápido.” (LANGDON; FREGNI, 1977, p. 140).

memória ao processador. O segundo parâmetro relevante é o tempo de acesso à memória.” (LANGDON; FREGNI, 1977, p. 138).

Na época da construção do Pato Feio um tipo de memória que estava sendo bastante utilizado era a memória de núcleo de ferrite. As memórias de núcleo de ferrite foram desenvolvidas pela empresa americana Wang Labs e consistiam basicamente de fios de cobre cruzados e do metal ferrite inserido nestes pontos de cruzamento. Quando uma corrente elétrica percorria estes cruzamentos, o ferrite tornava-se magnetizado. Este tipo de memória esteve presente nas configurações da segunda e terceira gerações de computadores.

Segundo Antônio Massola, o LSD já havia manifestado o interesse de estudar as técnicas de núcleo de ferrite e fabricar memórias no Brasil e a possibilidade de executar esta tarefa na construção do Patinho Feio era muito atraente. Mas, se as técnicas para o desenvolvimento de computadores eram inexistentes, aquelas utilizadas para a montagem de memórias eram ainda mais obscuras.

“Este projeto teve características interessantes. Queríamos fazer uma memória aqui no Brasil para estudar a técnica de núcleo de ferrite.” (MASSOLA, 2001).

Segundo Victor Mammana, outro participante do projeto, “o único lugar no Brasil que estava trabalhando com este tipo de memória era a Borroughs”. De fato, a Borroughs possuía uma fábrica⁹⁴ utilizada basicamente para o condicionamento das memórias avariadas de máquinas de grande porte de seus clientes brasileiros.

Para iniciar o desenvolvimento da memória, Edith Ranzini manteve contato principalmente com a Borroughs e a Siemens⁹⁵. Segundo Antônio Massola, este contato com os fabricantes, através de visitas às suas fábricas e sedes, estava ligado ao fato do LSD manifestar o interesse de fabricar estas memórias no Brasil.

⁹⁴ Localizada em Veleiros, São Paulo.

⁹⁵ Embora os depoimentos citem somente a Borroughs, a Siemens é citada no livro comemorativo dos 100 anos da Escola Politécnica (BAGNOLI, 1994, p.106) como uma das empresas colaboradoras.

Mas as relações entre Edith e os projetos de desenvolvimento da memória para o Patinho Feio tornaram-se enfraquecidas devido a diversos fatores. Em primeiro lugar, uma memória de ferrite de utilização confiável exigia em uma fabricação industrializada.

“Difícilmente uma memória de ferrite fabricada em um laboratório experimental teria a confiabilidade necessária para funcionar bem num computador.” (FREGNI, 2002).

Também existia o problema da volta de Glen Langdon para os Estados Unidos. Glen estava auxiliando o grupo na construção do protótipo e poderia permanecer na USP por um período aproximado de 18 meses.

“Desenvolvemos o computador neste prazo devido ao tempo curto que o Glen tinha para ficar no Brasil (um ano e meio, acredito).” (FREGNI, 2002).

Portanto, o LSD deveria agilizar o processo de construção do computador.

Por outro lado, estes obstáculos para o desenvolvimento de uma memória própria, tornaram-se convenientes tendo em vista a proximidade do projeto do GTE. Sendo assim, sob as condições apresentadas, Edith Ranzini e Hélio Guerra - chefe do LSD - optaram por comprar uma memória já confeccionada.

Segundo alguns integrantes do LSD, esta memória já existia e havia sido comprada para ser utilizada na construção de um protótipo de um computador. De fato, esta memória é referenciada em trabalhos finais do curso de Glen [Anexo I].

A escolha de uma memória de núcleo de ferrite, marca FI-21 da Philips, fechou um acordo em torno desta questão: para a construção do Pato Feio seria utilizada esta memória comprada, que possuía “um ciclo de 1.6 μ s, largura de 8 bits e capacidade de 1k (1024) palavras” (LANGDON; FREGNI, 1977, p. 170), com um tamanho total de 4k.

A memória interferiu na conformação de outras redes dentro da construção do Patinho Feio. Junto com a memória, a empresa fabricante enviou um

manual que continha todas as suas especificações. Deste manual foram extraídos os valores que as equipes necessitariam conhecer para adaptar as demais partes integrantes do Patinho Feio. Portanto, a adoção da memória Philips estruturou uma re-concepção do Patinho Feio: o computador definido na compilação e correção dos exercícios do curso dado já não era o mesmo. O Patinho Feio havia sofrido modificações na definição de sua memória e, como consequência, sofreria alterações nas configurações que deveriam ser implantadas - principalmente na UCP. Para a UCP, estas alterações estavam centradas nos valores especificados no manual, pois com estes dados seriam determinadas as formas de endereçamento e de acesso à memória e o tamanho da palavra que o computador reconheceria. Por outro lado, o objetivo inicial de Edith Ranzini – construir uma memória – também foi alterado. A partir da adoção da memória Philips, ela passou a trabalhar no desenvolvimento da interface entre esta memória e os demais componentes do Patinho Feio. Mais tarde, após a inauguração do minicomputador, Edith confeccionou uma memória de núcleo de ferrite e produziu a sua tese.

Desta forma, a memória comprada criou um vínculo entre ela e o grupo participante do projeto, se transformando em um novo ator recrutado para as próximas negociações. O próximo desenho da rede insere a memória na lista de atores [Figura 10].

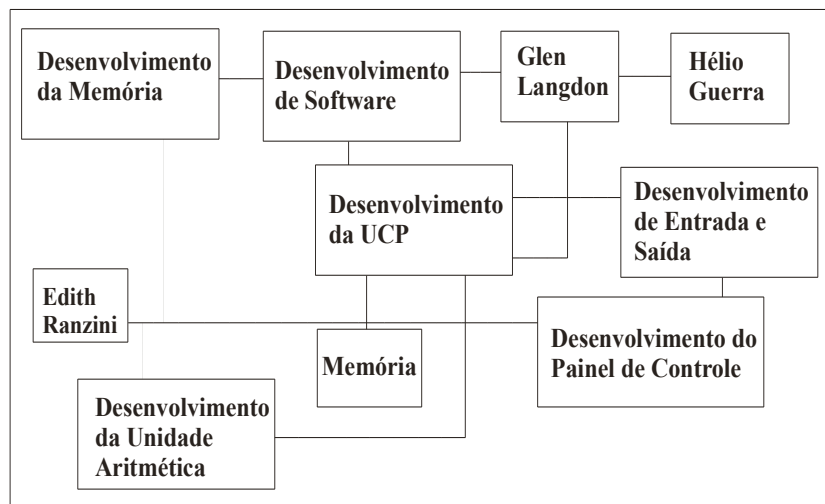


Figura 10 – Rede do Patinho Feio.

Fechado o acordo sobre a memória, o próximo ciclo descreve algumas escolhas feitas para a Unidade de Controle de Processamento do Patinho Feio.

Unidade de controle, memória e outras redes.

“O processo de concepção acaba quando é alcançada a convergência da rede ... é alcançado o acordo sobre a técnica... O acordo não é sobre a técnica no sentido estrito. Ele também se aplica às redes inscritas na técnica...” (CALLON, 1995, p. 316).⁹⁶

Cena 7

Depoimento de Edson Fregni para os 100 anos da Escola Politécnica:

“- Pode parecer um paralelo tolo, mas era como se você estivesse montando um corpo humano. Você faz o coração e o testa, vê se está funcionando, e assim outras partes. Mas chega um momento em que são ligados todos os órgãos e ele começa a dar um sinal do sistema todo funcionando. E esse é um momento mágico!”.

A compra da memória Philips trouxe para a rede do protótipo do minicomputador uma especificação pré-determinada enfraquecendo as ligações do grupo do projeto com alguns resultados dos exercícios criados por Glen Langdon para seus alunos. No caso da Unidade de Controle, Edson Fregni iniciava sua tese já tendo que adaptar o estudo do seu modelo às características da memória existente. Neste ciclo, intitulado “Unidade de controle, memória e outras redes”, o objeto de negociação é a unidade de controle.

Em linhas gerais, a unidade de controle gerencia a execução de programas, isto é, ela é responsável pela realização de micro-operações que executam as instruções de um programa. “Ela também deve estar pronta para responder a qualquer interrupção proveniente do painel de controle ou dos dispositivos de entrada e saída” (FREGNI, 1972, p.5).

⁹⁶ Tradução: Ivan da Costa Marques. Original: “The conception process ends when the network convergence is archived...agreement is reached on technique...the agreement is not on the technique

A negociação em torno da UCP passou, primeiramente, pela escolha do tipo de unidade de controle. Esta escolha iria determinar a implementação física da UCP. De acordo com Edson Fregni (1977, p.7), há dois tipos de classificação para uma unidade de controle: unidades de controle fixo e unidades de controle micro-programadas. No primeiro tipo, a programação da UCP é feita através dos circuitos geradores de sinais elétricos. No segundo tipo, a unidade de controle possui memória própria que armazena micro-rotinas responsáveis pela programação do seu funcionamento.

Na época da construção do Patinho Feio, o LSD não possuía uma memória para a unidade de controle. Este fato foi determinante para a escolha do tipo de UCP que seria utilizada no projeto. Devido à inexistência desta memória, foi adotada uma UCP do primeiro tipo⁹⁷.

“A decisão pela unidade de controle fixo foi determinada pela inexistência de uma memória para a unidade de controle no laboratório, necessária para uma unidade micro-programada, e definiu o esquema de circuitos da UCP que deveriam ser implementados” (FREGNI, 1972, p. 35).

Esta adoção do esquema de controle fixo para a UCP também implicou em novas negociações sobre o painel de controle do computador, pois este deveria estar sintonizado com as necessidades operacionais da unidade de controle.

Segundo Edson Fregni (1972, p. 35), para definir o projeto da UCP a equipe optou por dividi-lo em etapas. Esta divisão visava à organização da documentação do projeto e foi escolhida seguindo estudos de alguns autores da época⁹⁸, inclusive Glen Langdon. As três principais etapas do projeto lógico da UCP seguidas foram:

- Projeto funcional – etapa de definição do tipo da UCP e da confecção e análise do seu esquema em bloco.

in the strict sense. It also applies to the networks inscribed in the technique...” (CALLON, 1995, p. 316)

⁹⁷ Na construção do G-10 foi utilizada uma UCP do segundo tipo.

⁹⁸ Como exemplos são citados: Yaohan Chu em “Introduction to Computer Organization” e Donald L. Moon em “A New Architecture for minicomputers – the Dec PDP-11”. (FREGNI, 1972).

- Projeto simbólico – etapa de definição das cartas de microoperações, do tratamento de interrupções e anomalias.
- Projeto detalhado – etapa para a verificação das portas lógicas, dos problemas de atrasos e possíveis problemas com os dispositivos. Esta etapa dependeria das etapas anteriores e da tecnologia que seria utilizada no projeto.

Para Langdon e Fregni (1977, p.61), “o engenheiro que faz um projeto lógico deve conhecer a função a ser implementada, a sua tecnologia e determinar o custo desta implementação, sendo possível adaptar o projeto de forma a reduzir seu custo”⁹⁹. E estas diretrizes foram seguidas pela equipe.

Seguindo o ciclo de concepção-adoção da UCP, após a definição do tipo da unidade de controle, a equipe continuou o processo com a determinação do ciclo de máquina (ou ciclo de operação da UCP) e a sua forma de operar os dados (FREGNI, 1972, p.39), ainda dentro da etapa do projeto funcional.

Segundo Edson Fregni (1972, p. 5), “a unidade de controle toma como referência de tempo um intervalo chamado ciclo de máquina, que é usualmente estabelecido com referência ao ciclo de memória”. Portanto, para decidir quanto ao valor numérico do ciclo da unidade de controle, a memória estava na mesa de negociações, junto com as suas características. Seguindo as especificações técnicas do manual do modelo FI-21, a memória possuía um ciclo para a leitura de 0.6 μ s, com um tempo de acesso de 0.4 μ s, e um ciclo para escrita de 1.0 μ s. Edson Fregni cita em sua tese que, para o ciclo da máquina, foi adotado o seguinte conceito: “... a cada acesso à memória corresponde um ciclo de máquina...”. Portanto, seguindo as especificações da memória, e levando em consideração o tempo de acesso, o ciclo da máquina assumiu o valor de 2.0 μ s (FREGNI, 1972, p. 39).

A memória também tinha uma largura de 8 bits, ou 1 byte. A largura é a quantidade de informação que pode ser transferida em um determinado tempo. Esta largura de 8 bits era suficiente para representar um *character* na tabela de código ASCII. Segundo Langdon (LANGDON; FREGNI 1977, p.170), o tamanho de

⁹⁹ Segundo Langdon, o problema da fiação, isto é, as interligações entre os componentes consomem uma grande parte do custo do *hardware*. O projetista deve procurar diminuir este número de ligações.

1 (um) byte é razoável para muitas aplicações. Como exemplo ele cita a “o armazenamento, o recebimento e a retransmissão de mensagens entre terminais”. Então, os dados do computador fluiriam internamente em palavras de 1 byte.

Definido o tempo total do ciclo da máquina, a próxima etapa foi definir como este ciclo seria utilizado, isto é como distribuir as micro-operações dentro do ciclo de máquina. Com base nesta distribuição os circuitos lógicos seriam implementados.

A forma de operação do ciclo da UCP também iria depender das micro-operações. As micro-operações são as operações elementares necessárias para a execução de uma instrução básica. Uma micro-operação é uma operação elementar característica da máquina como, por exemplo, a leitura da memória, a soma do valor ‘um’ ao conteúdo de um registrador de dados, etc. A micro-operação é “executada através de uma seqüência de sinais elétricos ordenados” (FREGNI, 1972, p.5) que efetuam tal procedimento.

Por sua vez, estas micro-operações dependiam de quais instruções básicas estavam definidas para a operação interna do computador: adição, subtração, armazenamento, comparação, etc. Uma instrução é finalizada pela execução de uma seqüência de micro-operações em uma determinada ordem.

Para possibilitar a confecção das micro-operações necessárias, a equipe criou um conjunto de caracteres alfabéticos que representaram provisoriamente as instruções. Mais tarde, estes mnemônicos foram modificados para outros códigos, julgados mais adequados para a preparação dos programas em assembler [Tabela 1]. O trabalho final de curso de Cláudio Mammana, Sílvio Paciornik e Wilson de Pádua trazem alguns destes mnemônicos e operações que seriam utilizados no Patinho Feio. Este fato reforça os relatos sobre a utilização do trabalho deste grupo como referência para a arquitetura do Patinho Feio [Anexo I]. Desta forma, as instruções básicas do microcomputador, em um total de 55¹⁰⁰, foram representadas. As microoperações são relacionadas em termos de 3 registradores de dados (RD, AC e RI) e de 2 registradores de endereços (RE e CI). Os registradores de dados, basicamente, possuem a finalidade de armazenar uma palavra de memória que, no caso do Patinho Feio, possuía 8 bits. Os registradores de endereço armazenam os endereços de memória.

¹⁰⁰ O conjunto completo de instruções aparece no ciclo “A UCP e o painel na visão do programador”.

Código	Mnemônico		Descrição	Micro-operação
	Inicial	Definitivo		
0000	PLI	PLA	Pulo incondicional	$(CI) \leftarrow END$
0001		PLAX	Pulo Indexado	$(CI) \leftarrow END_{ef}$
0010	ARA	ARM	Armazena	$(END) \leftarrow (AC)$
0011		ARMX	Armazena Indexado	$(END_{ef}) \leftarrow (AC)$
0100	CAC	CAR	Carrega	$(AC) \leftarrow (END)$
0101		CARX	Carrega indexado	$(AC) \leftarrow (END_{ef})$
0110	SOM	SOM	Soma	$(AC) \leftarrow (AC) + (END)$
0111		SOMX	Soma indexada	$(AC) \leftarrow (AC) + (END_{ef})$
1010	PAN	PLAN	Pula se negativo	$(CI) \leftarrow (END)$ se $AC < 0$
1011	PAZ	PLAZ	Pula se zero	$(CI) \leftarrow (END)$ se $AC = 0$
1110	SUS	SUS	Subtrai um ou salta	Se $(END)=0$: $(CI) \leftarrow (CI) + 2$ Se $(END) \neq 0$: $(END) \leftarrow (END) - 1$
1111	PUG	PUG	Pula e guarda	$(END) \leftarrow 0000 (CI(0-3))$ $(END+1) \leftarrow (CI(4-11))$ $(CI) \leftarrow (END) + 2$

Tabela 1 – Instruções do Patinho Feio. Fonte: Fregni (1972, p. 18).

De posse da relação de instruções, e de suas micro-operações, a equipe poderia preparar a carta de micro-operações. Esta carta era uma lista das seqüências das micro-operações necessárias para a execução das instruções “encaixadas” em ciclos de máquina. Desta forma seria possível visualizar o tempo que a execução de cada micro-operação iria gastar e, assim, distribuí-las respeitando o tempo de acesso à memória. Para esta distribuição, o ciclo de máquina foi subdividido.

“Depois de algumas tentativas de preparação da carta de micro-operações o grupo responsável pelo seu desenvolvimento pode verificar que era conveniente definir 8 segmentos de tempo.” (FREGNI, 1972, p.39)

Para o Patinho Feio, o ciclo de máquina foi dividido em 8 partes. Cada parte era o menor tempo reconhecido pelo computador.

Segundo Fregni (1972, p.39), uma das razões que conduziram a esta escolha de quebra do circuito foi o fato de o projeto fazer uso de uma memória lenta, em comparação aos circuitos que estavam sendo projetados.

Como havia dependência entre a carta de micro-operações e o ciclo da máquina, suas definições foram determinadas paralelamente.

Um outro ponto importante na definição da carta de micro-operações era o agrupamento das micro-operações com fases de operação idênticas. De

acordo com Edson Fregni (1977, p.41), durante o funcionamento normal era possível visualizar 5 fases diferentes do ciclo de máquina. Estas fases eram identificadas como fases de busca (fases: 1 e 2), fases de execução (fases 3 e 4) e fase de cálculo de endereçamento efetivo (fase 5). A fase 1 correspondia à leitura da primeira palavra da instrução na memória. Na fase 2, seria a vez da segunda palavra da instrução ser lida. O ciclo de execução ocorreria na fase 3 e, se necessário fosse, também na fase 4. Quando as instruções estavam indexadas elas exigiam um ciclo de máquina diferente para o cálculo do endereço efetivo, e isto era processado na fase 5. Durante a execução de um programa, a UCP mudaria de fase de acordo com as regras estabelecidas para o seu funcionamento.

A próxima figura [figura 11] apresenta um exemplo da carta de micro-operações do Patinho Feio para a fase 2. No exemplo, as micro-operações responsáveis por uma instrução já estão dispostas nas subdivisões de tempo do ciclo de máquina.

INSTRUÇÃO →	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
CAR ARM (COM OU SEM ÍNDICE)		MEMÓRIA: LER E RESTAURAR						SEM ÍNDICE FASE 3→1
		RD ← Lwbo				RE ← RI(4-7) + RD		COM ÍNDICE FASE 3→1
		CI ← CI + 1						
SUS PUG		MEMÓRIA: LER E RESTAURAR						FASE 3→1
		RD ← Lwbo				RE ← RI(4-7) + RD		
		CI ← CI + 1						
PLA PLAX		MEMÓRIA: LER E RESTAURAR						SEM ÍNDICE FASE 1→1
		RD ← Lwbo				RE ← RI(4-7) + RD		COM ÍNDICE FASE 3→1
		CI ← CI + 1						
PLAN		MEMÓRIA: LER E RESTAURAR						FASE 1→1
		RD ← Lwbo				SE AC(0) = 0: RE ← RI(4-7) + RD		
		CI ← CI + 1				SE AC(0) = 1: RE ← CI		
PLAZ		MEMÓRIA: LER E RESTAURAR						FASE 1→1
		RD ← Lwbo				SE AC(0) = 0: RE ← RI(4-7) + RD		
		CI ← CI + 1				SE AC(0) = 1: RE ← CI		
NAND XOR		MEMÓRIA: LER E RESTAURAR						FASE 1→1
		RD ← Lwbo		AC ← AC { SOMA NAND XOR } RD		RE ← CI		
		CI ← CI + 1						
DESLOCAMENTOS		MEMÓRIA: LER E RESTAURAR						FASE 1→1
		RD ← Lwbo	SE RD(4)=1 C-AC	SE RD(5)=1 C-AC	SE RD(6)=1 C-AC	SE RD(7)=1 C-AC		
		CI ← CI + 1	CONFIGURAÇÃO DE DESLOCAMENTO NO ACUMULADOR				RE ← CI	

Figura 11: Exemplo de carta de micro-operações. Fonte: Fregni (1972, p 48).

Todas estas tarefas estavam sendo observadas em conjunto com o custo do circuito e a velocidade das operações.

Estando a carta de micro-operações especificada, as etapas subseqüentes definiriam os sinais elétricos de cada micro-operação e as condições de existência destes sinais. O desenho gráfico destas especificações é chamado de árvore dos sinais de controle. Este desenho já é uma preparação para a montagem dos circuitos, pois no desenho estão relacionados “as instruções, as fases, os tempos e as condições que energizam cada sinal” (FREGNI, 1972, p. 52).

Mas para a definição dos sinais elétricos, a equipe deveria ter conhecimento do valor relativo de tempo, em relação ao processamento, de cada micro-operação e do projeto do fluxo de dados. No esquema do fluxo de dados [Figura 12], são representadas as “vias” do fluxo e os circuitos tratadores de dados (portas de seleção, registradores, etc).

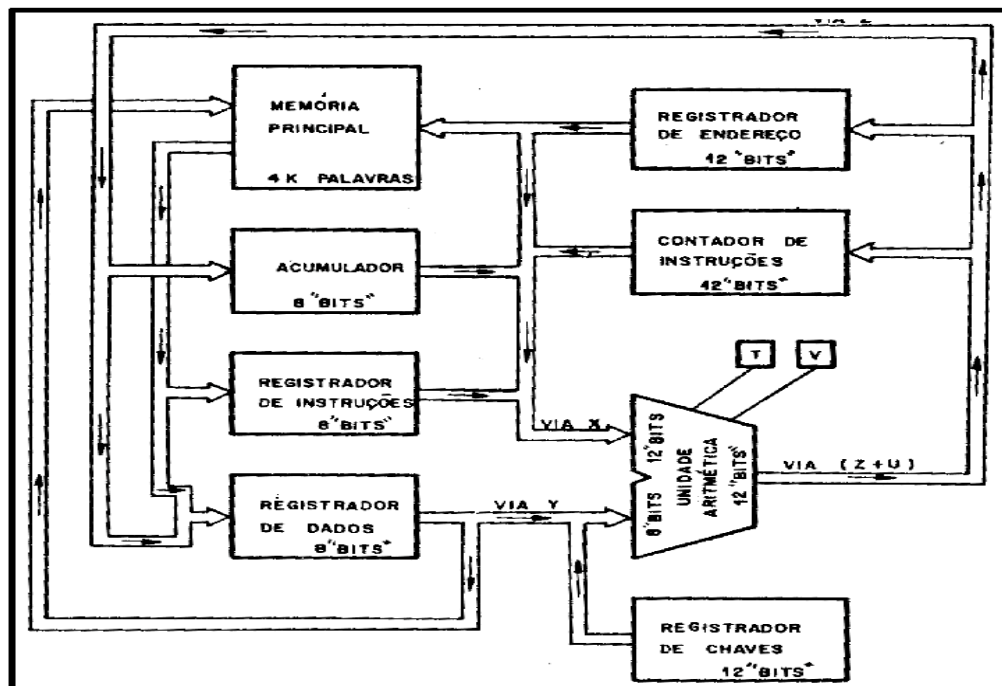


Figura 12: Fluxo de dados simplificado do Patinho Feio. Fonte: Fregni (1972, p.16).

Segundo Fregni (1972, p. 52), a árvore de sinais [Figura 13] define o comportamento do sistema em cada instrução e instante.

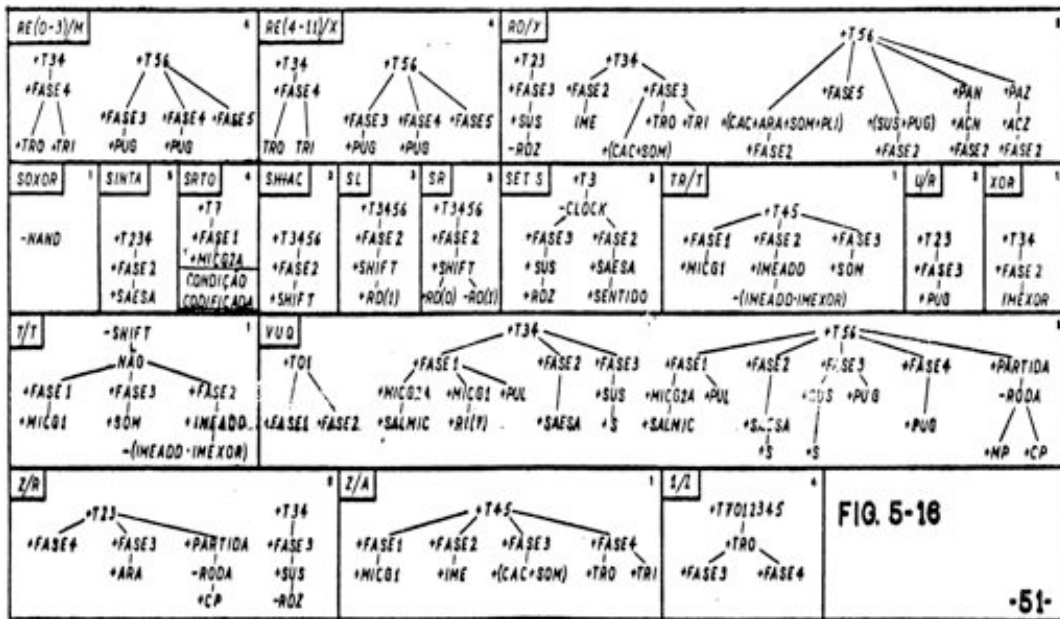


Figura 13 – Árvore de sinais de controle. Fonte: Fregni (1972, p. 51).¹⁰¹

Com a árvore dos sinais preparada, cada sinal de controle foi traduzido como uma função booleana [Figura 14].

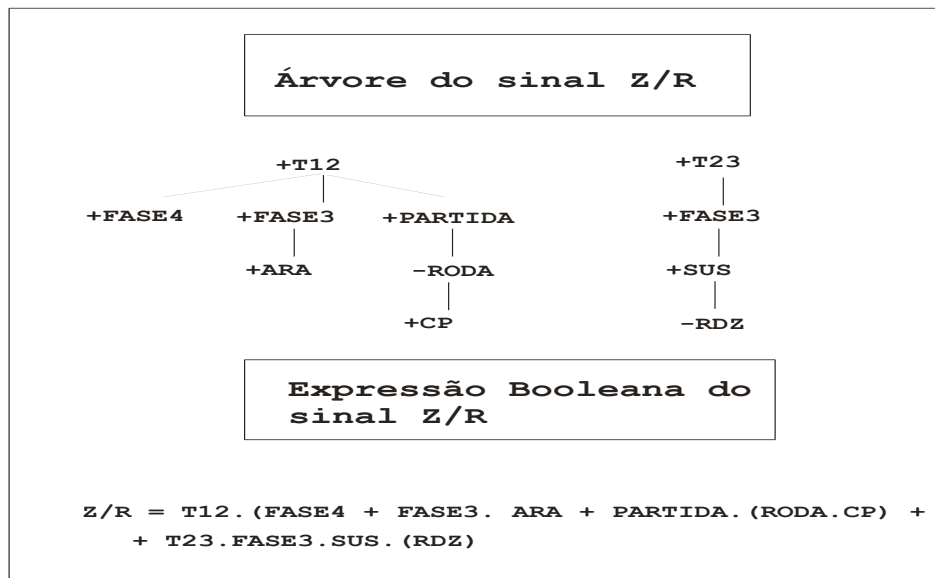


Figura 14: Exemplo de tradução árvore de sinais / expressão booleana. (FREGNI, 1972, p. 52).

¹⁰¹ O canto inferior esquerdo mostra o sinal Z/R que será utilizado nos próximos exemplos.

Durante toda a fase de projeto, a UCP estava sendo documentada. Além das cartas das micro-operações, também foram projetadas pranchas contendo os desenhos dos circuitos. Tanto na tese de Fregni (FREGNI, 1972), quanto no capítulo dedicado ao Patinho Feio do livro de Glen Langdon e Edson Fregni (LANGDON;FREGNI, 1977, p. 216)¹⁰² existem exemplos das últimas versões destas cartas e das pranchas utilizadas.

As pranchas são a representação da própria UCP, pois elas “trazem informações de lógica, sobre as ligações realizadas em cada placa, sobre a posição dos integrados, sinais nos pinos dos conectores, etc” (FREGNI, 1972, p.56). Estes desenhos trazem informações suficientes para a montagem dos circuitos, tais como localização de resistores, diodos, valores da voltagem e da corrente e posição dos conectores de entrada e saída.

Cada prancha possuía uma pequena etiqueta que a identificava. Esta identificação, além do nome do circuito, continha escrito o nome do autor do projeto, a sua data de criação, o nome do desenhista, a data de execução do desenho, o nome do revisor e a data desta revisão. A próxima figura [Figura 15] exemplifica o formato das pranchas produzidas para o Patinho Feio. O canto inferior direito deste exemplo mostra a etiqueta de identificação da prancha.

Estes desenhos também seriam úteis para que os futuros alunos da cadeira de arquitetura pudessem identificar o funcionamento do Patinho Feio, através da comparação entre os desenhos e a máquina.

¹⁰² Capítulo 5.

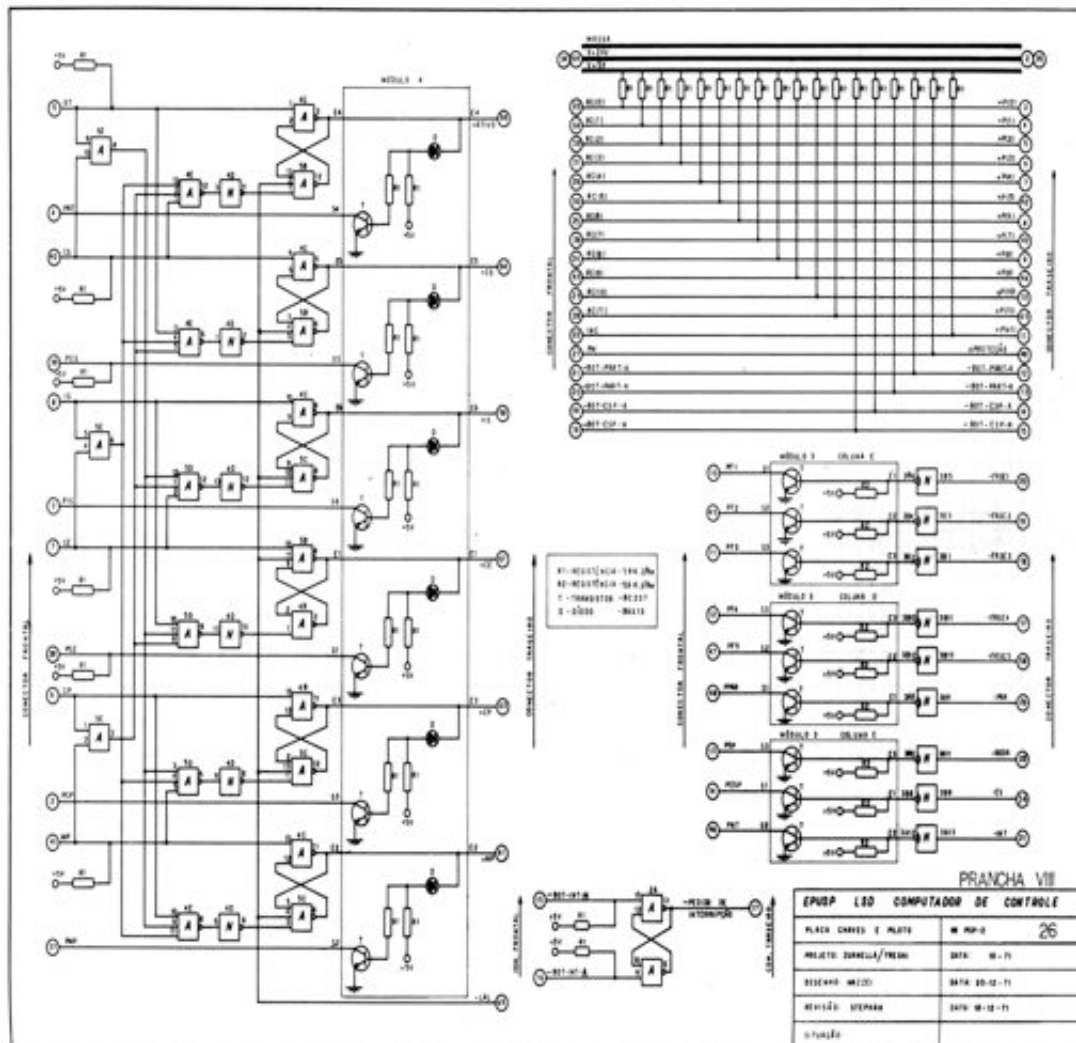


Figura 15 – Uma prancha do Patinho Feio. Fonte: (LANGDON;FREGNI, 1977, p.216).

O esboço do desenho do funcionamento do painel de controle também fez parte da documentação da UCP. Segundo Egmont Shimizu, o painel do Patinho Feio era composto de LED's¹⁰³, representantes dos registradores, e chaves para a operação do sistema [Figura 16]. Através das chaves, divididas em dois grupos, o programador-operador executaria funções para mudar o estado ou para controlar o modo de funcionamento do sistema. Existiam três chaves para o controle de ação e seis chaves para o controle de modo de operação (FREGNI, 1972, p. 33). Se acionadas, as chaves para a mudança de estado poderiam iniciar o funcionamento do sistema (PARTIDA), parar o seu funcionamento, iniciando um estado de espera (ESPERE) ou enviar um pedido de interrupção para posterior tratamento

(INTERROMPE) através de programas. Dentro do segundo grupo, as chaves para o controle do modo de funcionamento poderiam indicar os seguintes modos: normal, onde o programa seguiria o seu curso; ciclo único, onde o programa evoluiria em ciclos a cada acionamento do botão de partida; instrução única, para a depuração de programas¹⁰⁴; carrega endereço e carrega posição, para a transferência entre registradores e entre registradores e memória; e mostra posição, para o conteúdo da posição de memória ser transferido para o registrador de chaves do painel e ser visualizado pelo programador-operador (FREGNI, 1972, p.32-34).

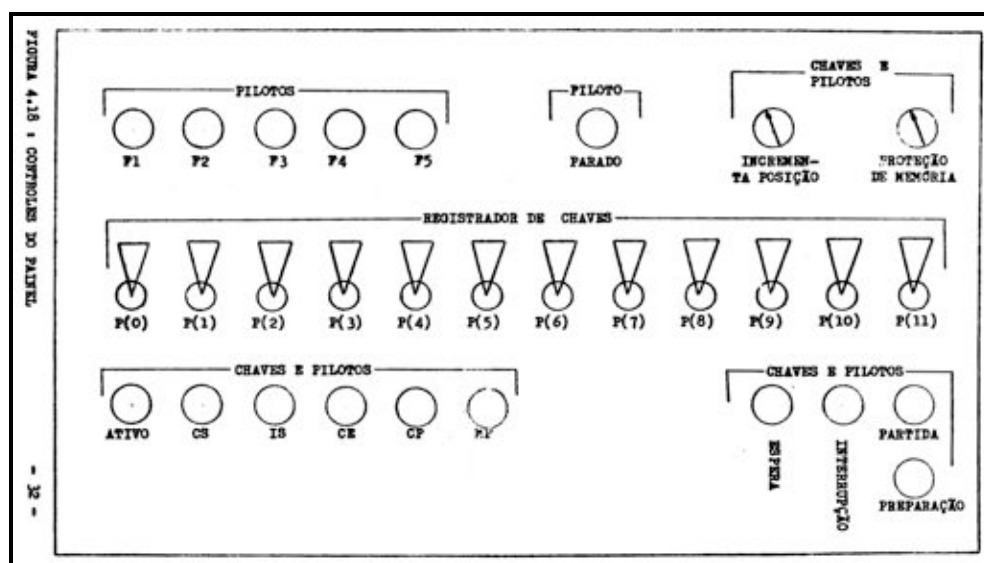


Figura 16: Detalhes do esboço do painel. Fonte: (FREGNI, 1972, p. 32).

A UCP se comunicava com o painel através de duas placas de circuitos impressos que foram desenvolvidas no projeto.

Uma vez definida, a UCP foi simulada em um computador existente no LSD para depuração e testes. Esta simulação é uma nova versão/visão da UCP - a primeira versão em software. Segundo Fregni (FREGNI, 1972, p.52), esta representação possibilitou a retirada de erros resultantes da manipulação dos dados, durante as diferentes etapas de definição por diversas pessoas da equipe. O sistema IBM1130 foi o computador utilizado nestas simulações. De posse das informações contidas no projeto da UCP, inclusive do desenho do seu fluxo de dados, o LSD desenvolveu alguns programas que resultavam na impressão em

¹⁰³ Diodos emissores de luz.

¹⁰⁴ O programa seria executado instrução a instrução.

papel dos valores dos sinais gerados pelas micro-operações para cada uma das instruções, isto é, para cada instrução era gerada uma listagem com os códigos dos sinais de controle que seriam emitidos em cada fase do processamento [Figura 17]. De posse desta listagem, os valores eram comparados com aqueles esperados pelas definições no projeto da UCP, escritos na carta de micro-operações. Assim, a equipe foi capaz de detectar alguns erros antes da construção dos circuitos.

```

PROJETO COMPUTADOR CONTROLE
EQUACOES BOOLEANAS DO TIMING

.....
INSTRUCOES E CONDICIOES
.....
PUG
.....
FASE 1
.....

T0
CI3BM
CI4BX
VUG
RBI
TBT
M4
SOXOR

T1
CI3BM
CI4BX
VUG
LSR
RBI
TBT
CKCI
CKRI
M4
SOXOR

T2
RBI
TBT
M4
SOXOR
LSR

T3
RBI
TBT
M4
SOXOR

T4
RBI
TBT
SOXOR

T5
CI3BM
CI4BX
RBI
TBT
SOXOR

T6
CI3BM
CI4BX
RBI
TBT
CKRE
SOXOR

T7
CF2
RBI
TBT
SOXOR

Figura 5.18: Amostra da listagem do
programa de teste.

```

Figura 17 – Exemplo do resultado dos testes. Fonte: (FREGNI, 1972, p. 53).

O ciclo de concepção-adoção da UCP englobou um estudo sobre a forma de transpor o circuito desenhado para a sua implementação em placas de circuito impresso, processo denominado de partição (FREGNI, 1972, p.54). A partição consistia em dividir o projeto da UCP, resultante das reuniões e dos

esboços feitos até então, em pequenas partes adaptadas às placas de circuito impresso existentes. A equipe iniciou um estudo sobre o processo de partição do circuito que levaria em consideração, de acordo com Fregni (FREGNI, 1972, p.54), os seguintes parâmetros: o número máximo de componentes para cada placa, a potência máxima dissipada por placa e o número máximo de sinais de entrada e saída por placa. Estes itens estavam amarrados às padronizações físicas da placa em termos de dimensão e à colocação dos pinos. Mas não era só uma questão física, isto é, não era só adequar o circuito a estes itens. Os sinais gerados pelos circuitos para as micro-operações também foram levados em consideração, pois com a partição do circuito em diversos “pequenos circuitos”, eles deveriam ser agrupados de acordo com as suas interações e, se possível, serem colocados na mesma placa. Um outro elemento que entrou na negociação da produção das placas de circuito impresso foi o chamado “*fan-out*”. Este é um valor numérico, determinado a partir dos valores de corrente elétrica na entrada e saída de um circuito, que indica quantos circuitos semelhantes podem estar conectados na saída de um determinado circuito sem deteriorá-lo ou queimá-lo. Portanto, a transposição do circuito para a sua implementação física resultou em uma nova re-concepção da UCP, com o acréscimo de novos circuitos, a divisão de sinais para ajuste de tempo, sendo também levada em consideração a família de circuitos integrados que foi utilizada no projeto (TTL).

A unidade aritmética também estava sendo projetada em paralelo ao desenvolvimento da UCP. Este item ficou sob a gerência de Victor Mammana, que na época estava envolvido em projetos de circuitos¹⁰⁵. Segundo Victor, ele havia encontrado uma solução de unidade aritmética que agradou ao professor Glen. Naturalmente, a UCP deveria interagir diretamente com o circuito da unidade aritmética, cuja descrição também está inserida na tese de Edson Fregni:

“A unidade aritmética é um circuito que opera com o conteúdo do acumulador e o operando proveniente da memória. Ela realiza diversas operações como soma, subtração, comparação, etc. Portanto, existe uma terceira entrada no circuito que especifica o tipo de função para a unidade” (FREGNI, 1972, p.4).

¹⁰⁵ Em 2001, época de sua entrevista, Victor Mammana atuava como assessor de informática da EPUSP.

O projeto da UCP estava pronto para a montagem dos circuitos impressos. E este seria um final “provisório” da concepção da UCP e o início de sua adoção.

Novos atores, novos ciclos: oficina de circuito impresso, padronização e recursos auxiliares.

“Basta mudar a lista de atores autorizados a negociar, a ordem de sua intervenção, a morfologia das interações e também os meios pelos quais atores ‘representados’ podem ser envolvidos (por exploração das redes de similaridades) para que outras técnicas sejam desenvolvidas.” (CALLON, 1995, p. 317).¹⁰⁶

Cena 8 -Ano 2001

Em seu gabinete o atual diretor da EPUSP, Antônio Massola, cita o projeto da fábrica de circuito impresso:

“Começamos um projeto de uma fábrica de circuito impresso e fizemos algumas coisas para o Patinho Feio. A fábrica efetiva só se tornou realidade com o projeto do G10. Então a tecnologia da fábrica foi difundida para várias empresas nacionais.”

Dando continuidade ao Patinho Feio, o grupo iniciou os preparativos para a montagem do computador. Com os projetos dos circuitos já definidos, o próximo passo seria encomendar as placas impressas em alguma fábrica de São Paulo, unindo-as à memória Philips, e testar a funcionalidade do conjunto. E logo o computador entraria em operação. Mas a exigüidade de tempo com o qual a equipe estava lidando para este projeto mudaria o rumo dos acontecimentos e seria

¹⁰⁶ Tradução: Ivan da Costa Marques. Original: “It is enough to change the list of actors authorised to negotiate, the order of their intervention, the morphology of the interactions and also the means by which “represented” actors may be involved (by exploration of similarity networks) for other techniques to be developed.” (CALLON, 1995, p. 317).

novamente um importante fator nas negociações sobre a forma de montagem do computador.

Os fornecedores locais de placas de circuito impresso, consultados na cidade de São Paulo, possuíam prazo de entrega mínimo de 30 dias. E este era um problema para a equipe, pois durante este tempo de espera da encomenda nenhuma atividade seria efetuada com relação à montagem da UCP e aos demais componentes. Portanto, era conveniente um prazo menor, senão as demais etapas do projeto, como o teste dos programas por exemplo, seriam prejudicadas.

Em 1971, segundo o professor Antônio Massola, além do Patinho Feio existiam outros projetos, já mencionados neste trabalho, em andamento no LSD: desenvolvimento e montagem de um sistema para traçado de gráficos “off-line”, montagem de um terminal para dados derivados de uma máquina de escrever convencional elétrica, montagem de um relógio de tempo real para o sistema IBM1130, entre outros. O laboratório estava com uma intensa produção de projetos de pesquisa e em constante busca de novos projetos relacionados com o estudo, a instalação e a operação de sistemas digitais de diversos tipos.

A necessidade de redução do prazo para a fabricação das placas de circuito impresso, levou o LSD a considerar a possibilidade de construir estas placas dentro da própria EPUSP. Para poder fabricar as placas, inicialmente o LSD procurou buscar soluções que pudessem ser extraídas da literatura existente sobre circuitos impressos (LSD, 1972). Nesta busca bibliográfica, o laboratório se deparou com um elemento que possibilitaria o desenvolvimento de um novo projeto: a possibilidade de utilizar a metalização dos furos das placas de circuito, que era uma tecnologia inexistente ainda no Brasil. A idéia de montar as placas do Patinho Feio se transformou em um projeto para desenvolver uma tecnologia para a montagem de placas de circuito impresso de face dupla e com furos metalizados.

Foi criada, então, uma oficina para a fabricação de circuitos impressos na EPUSP. Este fato permitiria uma interação acentuada entre os projetistas dos circuitos, os desenhistas das placas e os demais integrantes das equipes de projetos do LSD. E assim, todo o processo de construção das placas de circuito impresso para o Patinho Feio, incluindo o preparo dos seus desenhos, ficou dentro da EPUSP.

Segundo Antônio Massola, a produção efetiva da fábrica só se tornou realidade com o projeto G-10, tendo as placas do Patinho Feio funcionado como um protótipo para esta fábrica. E a tecnologia da fábrica foi difundida para várias

empresas nacionais. Sobre este fato, o engenheiro Egmont Y. Shimizu, integrante do grupo que trabalhou posteriormente no projeto do G-10 cita:

“Todos os esforços foram feitos para viabilizar a construção do G-10. Dentre as várias dificuldades encontradas, uma foi a confecção de placas de circuito impresso, pois na época não havia nenhuma empresa que processasse circuito impresso com furos metalizados no mercado brasileiro, tampouco havia uma farta matéria prima.” (SHIMIZU, 2002).

Segundo Egmont, as ações necessárias para fabricar placas de circuito impresso de dupla face e furos metalizados eram: capacitar a equipe do projeto para desenhar o circuito em folhas de poliéster reticulado; gerar a arte final em escala apropriada; criar um laboratório fotográfico para possibilitar os banhos de revelação e o processamento de fotolitos; criar um sistema de geração de coordenadas para a furação e um laboratório com os recursos necessários para a produção dos furos metalizados. Algumas destas ações seriam improvisadas para a fabricação das placas do Patinho Feio.

Para tornar possível a execução desta produção nestes moldes – placas com furos metalizados com precisão dimensional nas duas faces - os furos das placas do circuito seriam feitos com pantógrafos¹⁰⁷ de precisão e com uma máquina de controle numérico¹⁰⁸. O primeiro artefato pertencia ao departamento de Eletricidade e o segundo foi disponibilizado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT)¹⁰⁹, órgão sediado na USP e ligado ao estado de São Paulo. Mais tarde, durante a sua fase de produção, esta oficina levaria algumas horas para fabricar placas de circuito impresso, após receber os desenhos do mesmo (LSD, 1972).

Com o advento da fábrica, houve uma re-concepção significativa na preparação dos desenhos dos circuitos impressos do Patinho Feio, em função do tempo que levava a preparação pelo método tradicional. Neste método, um

¹⁰⁷ Paralelogramo articulado tendo em um dos pólos uma ponta seca e no outro um lápis, o qual vai traçar a redução ou ampliação do detalhe que percorremos com a ponta seca. (Fonte: <http://www.ibge.gov.br>).

¹⁰⁸ Equipamento utilizado para automação de produção de peças, criado após a segunda guerra mundial. O desenho era traduzido para dados numéricos – comandos coordenados de controle - e armazenados em fita de papel.

¹⁰⁹ O IPT atua em pesquisas nas áreas petroleira, têxtil, metalúrgica, civil, química, entre outras.

desenho do impresso em escala 4:1, era reduzido para uma face da placa em um tempo estimado de 40 horas (ou uma semana-desenhista de trabalho). Este método utilizava a tinta “nanquim” em folha de “Mylar”¹¹⁰, e necessitava de um bom desenhista com capacidade de executar a tarefa com grande precisão. Como o Patinho Feio teria 45 placas impressas de ambos os lados, por este método seriam necessários 90 desenhos, ou aproximadamente 90 semanas-desenhista de trabalho.

Dentro das reuniões periódicas, o grupo do LSD também resolveu implementar uma padronização das placas do Patinho Feio. Esta padronização seria feita em relação ao número e posição dos circuitos integrados, às dimensões da placa, aos conectores, aos furos de alinhamento e à distribuição das alimentações do circuito. A padronização provocou uma re-concepção na partição do circuito da UCP, que já havia sido definido. A equipe de projeto da UCP retornou ao desenho dos circuitos para obter, como resultado, a confecção de um único desenho comum às placas, padronizando-os.

Com o objetivo de melhorar a precisão e manter o padrão para todas as placas a equipe resolveu mobilizar o Laboratório de Microeletrônica para a confecção do desenho. O Laboratório de Microeletrônica também fazia parte do departamento de Engenharia de Eletricidade e cedeu a utilização do seu coordenatógrafo¹¹¹. Além disto, a equipe resolveu utilizar o rubilite como material substituto da folha de “Mylar”. Após todas estas negociações, o desenho básico foi preparado em 4 horas.

O tempo para o desenho básico estava reduzido em 36 horas, mas as re-concepções para esta implementação ainda não haviam terminado. O desenho básico seria reproduzido 90 vezes por contato em uma base foto-sensível, prevista para esta finalidade e existente comercialmente. Além disto, os desenhos deveriam ter as guias da fiação do circuito que representavam especificadas em cada placa. A idéia foi fazer uma colagem com fita adesiva, tipo scotch tape da marca 3M, cortada previamente do tamanho e da forma correta (LSD, 1972).

Todas estas idéias possibilitaram a utilização de diversos recursos, produzidos no próprio LSD, que facilitariam o trabalho do desenhista, como por exemplos os reticulados de precisão para servir de guia para as colagens e os próprios recortes coloridos da fita scotch tape utilizados como referências da fiação.

¹¹⁰ Película de plástico e alumínio.

Todo o desenho, antes de ser enviado para a fábrica, era revisado por um dos participantes do projeto.

Segundo o documento sobre a fábrica de circuitos (LSD, 1972), as ligações entre os pinos seguiam a técnica do “wire-wrap”. Para facilitar o trabalho de montagem da placa, uma vez que havia uma grande quantidade de ligação entre os pinos, foi utilizado um programa de otimização das seqüências de ligação. Este programa fornecia uma listagem para guiar o montador do circuito. Segundo o documento, este programa foi feito por engenheiros do Instituto de Física da USP que participaram do curso de Glen. O professor Cláudio Mammana, do IF-USP, acredita que Silvio Paciornik tenha desenvolvido este programa.

Segundo Egmont, depois do projeto G-10 a fábrica continuou operando como fornecedora para os projetos da EPUSP e da FDTE¹¹² e como prestadora de serviços para a iniciativa privada, confeccionando placas em pequena escala. A fábrica, operando após o G-10, podia gerar a arte final dos desenhos dos circuitos em uma escala de 2:1 – em substituição a escala anterior de 4:1. Além disto, foi criado um sistema de geração de coordenadas para a furação das placas¹¹³ – um sistema semi-automático com mesa digitalizadora. A fábrica funcionou até 1987, quando foi desativada.

Estavam prontas as placas necessárias para a montagem do Patinho Feio.

¹¹¹ Instrumento com hastes fixas e um braço de aço ao qual está presa uma cabeça de plotagem. O braço se desloca através dos eixos x e y com intervalos inferiores a 0,1 mm.

¹¹² Fundação criada inicialmente para viabilizar a transferência de recursos para o projeto G-10.

¹¹³ Segundo Egmont, antes as coordenadas eram cadastradas manualmente, perfuradas em cartão e convertidas para fita de papel. A fita de papel era o tipo de entrada da máquina de controle numérico.

A UCP e o painel na visão do programador.

“Mas o recrutamento vai além das entidades fisicamente presentes durante a negociação. Para mostrar isto, eu introduzo o conceito de representar uma rede. Cada ator Ai exerce força no processo de negociação posicionando-se como uma representação de uma rede...” (CALLON, 1995, p. 314).¹¹⁴

Cena 9

Olhando a UCP e a memória do Patinho, montados e ainda em testes, o recém-formado engenheiro João José Neto visualiza uma máquina completamente pelada. Tudo o que ele podia fazer era apertar botões e verificar que luzes acendem.

Antes de iniciar a confecção de programas para o Patinho Feio, a equipe de software havia interagido e participado das negociações feitas para o projeto da UCP, através dos encontros periódicos que as equipes promoviam junto com Glen Langdon e Hélio Guerra.

Para a equipe que iria trabalhar na confecção dos programas, necessários para fazer com que o Patinho Feio executasse determinada função, era preciso uma visão específica da parte da unidade de controle onde haveria fluxo de informação. O painel também teria uma função importante, pois serviria para introduzir na máquina os programas criados no papel. Na verdade, a equipe de programadores não necessitava saber valores de potência ou de corrente elétrica – visão preponderante dos projetistas da UCP. Ela deveria saber descrever o caminho que as suas instruções percorreriam entre memória, unidade aritmética, processador e registradores.

Para um programador, também era necessário ter uma descrição não só dos registradores da máquina, que seriam utilizados diretamente pelos

¹¹⁴ Tradução: Ivan da Costa Marques. Original: “But recruitment goes beyond the entities physically present during negotiation. To show this, I introduce the concept of representing a network. Each actor

programas, e da forma de armazenamento – ou endereçamento - na memória, como também uma descrição das instruções [Tabela 2] que a máquina estava preparada para executar. Além disto, como os computadores trabalham com seqüências de zeros e uns, o programador também deveria dominar a construção de aritmética binária.

SOM	Soma	GD	Giro à direita
SOMX	Soma indexado	GE	Giro à esquerda
SOMT	Soma imediato	GDT	Giro à direita com T
ARM	Armazena	GET	Giro à esquerda com T
ARMX	Armazena indexado	SLT	Salta se T=operando
CAR	Carrega	SLO	Salta se OVF =operando
CARX	carrega indexado	SLTM	Salta se T=operando e muda T
CARI	Carrega imediato	SLOM	Salta se OVF=operando/muda OVF
PUG	Pula e guarda	LIMP	Limpa AC e faz T=operando
SUS	Subtrai um ou salta	CMP1	Comp. De 1 o AC e limpa T
NAND	Nand	CMP2	Complementa de 2 o AC
XOR	Exclusive or	INC	Incrementa AC
PLA	Pulo incondicional	UM	Faz AC=1 e limpa T
PLAX	Pulo indexado	UNEG	Faz AC=-1 e limpa T
PLAN	Pula se negativo	LIMT	Limpa T
PLAZ	Pula se zero	PNL(0)	$(AC) \leftarrow (RC(4-11)), (T) \leftarrow 0$
TRE	Troca com extensão	PNL(1)	$(AC) \leftarrow (RC(4-11))+1$
TRI	Troca com índice	PNL(2)	$(AC) \leftarrow (RC(4-11)) - (AC)-1$
PUL	Pula e limpa	PNL(3)	$(AC) \leftarrow (RC(4-11)) - (AC)$
PARE	Pare	PNL(4)	$(AC) \leftarrow (RC(4-11))+ (AC)$
ESP	Espere	PNL(5)	$(AC) \leftarrow (RC(4-11))+ (AC) + 1$
INIB	Inibe interrupção	PNL(6)	$(AC) \leftarrow (RC(4-11)) -1$
PERM	Permite interrupção	PNL(7)	$(AC) \leftarrow (RC(4-11)), (T) \leftarrow 1$
DDS	Desloca à direita c/dupl.sinal	SAL,n,c	Saída de dados para dispositivo n
DD	Desloca à direita	ENT,n,c	Entrada de dados para dispositivo n
DE	Desloca à esquerda	SAL,n,c	Salto tipo I p/ dispositivo n
DDT	Desloca à direita com T	FNC,n,c	Função tipo I p/ dispositivo n
DET	Desloca à esquerda com T		

Tabela 2: Instruções do Patinho Feio – Fonte: (LSD, 1972).

O programador do Patinho Feio visualizava cinco registradores que poderiam ser utilizados. Cada um deles era referenciado por um nome e possuía, para efeito de programação, uma ou mais funções. Os registradores e suas respectivas funções eram: o acumulador (AC), com um tamanho de oito bits, cujo conteúdo seria utilizado ou como um operando de operações aritméticas e lógicas ou como um operando de teste para ocorrência de desvios condicionais¹¹⁵; o

Ai exerts force in the negotiation process by positioning itself as a representation of a network...” (CALLON, 1995, p. 314).

¹¹⁵ A entrada e a saída de dados também seriam feitas através deste registrador.

registrador de Vai-um (V)¹¹⁶, com tamanho de um bit, que seria utilizado para qualificar uma operação aritmética; o registrador de transbordo (T)¹¹⁷, com tamanho de um bit, que daria o aviso do transbordamento de uma operação aritmética; o contador de instruções (CI), com tamanho de doze bits, que possuiria o valor do endereço de memória da próxima instrução a ser executada; o registrador de chaves do painel (RC), com um tamanho de doze bits. O próprio painel era o representante deste registrador, cada um dos bits associados a uma chave do painel. Com este registrador, o programador poderia acessar as posições de memória e modificar o conteúdo do endereço de memória acessado. O registrador denominado contador de instruções também poderia ser preenchido com o valor do endereço de memória acessado através das chaves do painel [Figura 18].

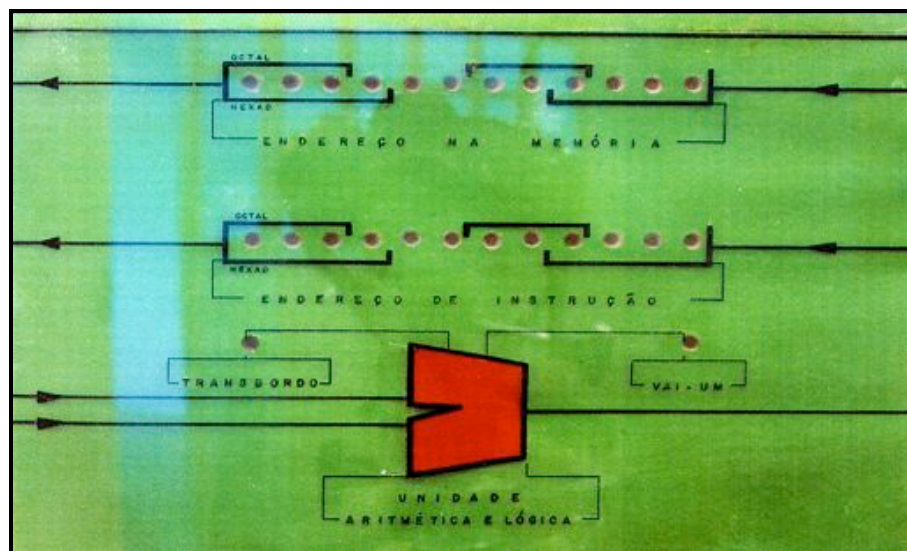


Figura 18 – Detalhe do painel de controle. Fonte: (BAGNOLI, 1994, p. 107)

Para o programador, o painel de controle era a interface para o Patinho Feio. Através dele, o programador iria interagir com o computador, passando as seqüências dos binários necessários para povoar registradores e endereços de memória e executar instruções. O painel ficava localizado na metade direita do gabinete do Patinho Feio. A outra metade se destinava à fonte de alimentação.

¹¹⁶ Para os projetistas este era um flip-flop complementar do acumulador para o armazenamento do último “vai um transbordo”. (LANGDON; FREGNI, 1977, p. 170)

¹¹⁷ Para o projetista da UCP este também seria um flip-flop. Ele funcionava em conjunto com o flip-flop V.

Segundo o professor Antônio Massola, a equipe não estava preocupada com o tamanho da fonte, pois o que importava era a disponibilidade do material.

O Patinho Feio permitia que o programador pudesse executar uma instrução por vez. O programador codificava a sua instrução no registrador de chave do painel e acionava o botão de partida da máquina. Este procedimento serviria para a depuração de erros nos códigos das instruções.

“A linguagem era de máquina, isto é, era binária. Estávamos programando na chave do painel. Quando você precisava introduzir a informação, você fazia o jogo dos zeros e uns e apertava um botão. E a informação ia lá para a memória e para o acumulador. E tinha outros botões onde você fazia a instrução e tirava o conteúdo do registrador para colocar onde você queria.” (Neto, 2001).

Quanto à memória, ela possuía palavras de oito bits que eram numeradas de 0x000 a 0xFFFF¹¹⁸. Para endereçar cada uma destas posições eram necessários 12 dígitos binários.

Além dos registradores, havia posições de memória com funções especiais, necessárias na programação. A posição identificada como 0x000, chamada de indexador, era utilizada para o endereçamento indexado. A posição 0x001 era utilizada como extensão do acumulador e as posições 0x002 e 0x003 armazenavam os endereços de retorno de uma interrupção no processamento. O intervalo compreendido de 0xF80 a 0xFFFF se tornou uma área protegida da memória, quando o programa para iniciar o funcionamento do sistema foi criado.

“Havia botões para você fazer as instruções, para tirar o conteúdo do registrador e colocar ou em um endereço de memória ou no acumulador. Era só isto o que se podia fazer.” (NETO, 2001).

¹¹⁸ Estes valores estão expressos em hexadecimal. Na base decimal a numeração seria de 0 a 4096.

A implementação do software e os dispositivos de entrada e saída.

“... quando um ator adiciona novas entidades à lista como, por exemplo, usuários mais sofisticados ou mais fraudulentos, para dar apoio ao seu caso favorável a uma forma particular da rede sociotécnica em formação. Isto então cria uma dependência destas novas entidades como, por exemplo, uma nova conexão na rede, pois elas deviam se comportar (ou serem obrigadas a se comportar) como estipulado nas projeções. De novo, se as novas entidades têm uma rede de definição similar à projetada (ou podem ser persuadidas a ter uma assim), torna-se relativamente fácil para o ator geral fazer com que eles sigam o cenário” (CALLON, 1995, p. 315).¹¹⁹

Cena 10

Imagina, por exemplo, ter que fazer um programa sem ter um editor de texto. Executar o programa sem um montador ou um compilador. (Depoimento de João José Neto)

O grupo do LSD começou a produzir os primeiro programas do Patinho Feio. O material utilizado pela equipe de programadores, além das chaves e luzes do painel de controle, incluía papel e lápis ou caneta. Com a mistura destes materiais, o programa era introduzido no computador através do painel de controle.

“Cada bit era garimpado... O máximo que você podia fazer com a máquina era apertar os botões e olhar as luzes piscando.” (NETO, 2001).

¹¹⁹ Tradução: Ivan da Costa Marques. Original: “.. when an actor adds new entities to the list, e.g. more sophisticated or more fraudulent users, to support his case for a particular form of the socio-technical network-to-be. This creates a dependency on these entities, i.e. a new link in the network, because they should behave (or be made to behave) as set out in the projections. Again, if the new entities have a network definition in the projected one (or can be persuaded to have such a one), it becomes relatively easy for general actor to have them follow the scenario.” (CALLON, 1995, p. 315).

Segundo o professor João José Neto, para a construção de um conjunto básico de rotinas, no início do desenvolvimento do software, foi necessário um mês. O programador precisava analisar o objetivo da rotina, escrever as instruções, escolhendo-as das 55 disponíveis, verificar seus códigos binários correspondente e visualizar mentalmente o resultado. Para isto, ele trabalharia na base binária, somando ou diminuindo valores. Esta simulação mental auxiliava em uma primeira depuração da rotina.

“Levava um dia para escrever um programa correto com quinze a vinte linhas. Este era o tempo para produzir uma rotina destas elementares do tipo somar 1 e 2.” (NETO, 2001).

Uma vez desenvolvida, a rotina era testada no Patinho Feio. Cada instrução era carregada através das chaves e do botão do painel de controle e conferida através dos resultados mostrados pelo conjunto de LED's. E este era um processo lento.

“O processo devia ser conferido passo a passo para ver se o programa estava agindo certo.” (NETO, 2001).

Se o programa executasse algum passo de forma incorreta, o processo deveria recomeçar. Haveria uma nova avaliação do programa no papel e, após uma nova conferência mental, o programa seria recarregado, instrução a instrução, através das chaves do painel.

“Quando você tinha sorte, ou contava com uma estrela brilhante, você conseguia uma rotina de vinte ou trinta expressões funcionando. Era uma alegria.” (NETO, 2001).

Através deste processo, a equipe de programadores formou uma biblioteca de pequenas rotinas, que incluía rotinas que possibilitavam a carga de novas rotinas. Para visualizar o funcionamento destas rotinas em conjunto, elas deveriam ser carregadas uma a uma. Este processo repetia-se diariamente, pois para acrescentar uma nova rotina à biblioteca, e verificar se todas funcionavam corretamente, era necessário carregar a biblioteca na memória para depois carregar a nova rotina.

Dado que este processo consumia muito tempo, a equipe sentiu necessidade de acelerá-lo. Para isto, eles deveriam estudar uma forma de armazenar a biblioteca produzida de forma que fosse evitado o uso constante das chaves do painel de controle. E como já existiam equipamentos disponíveis no laboratório, segundo João José Neto, a equipe resolveu utilizar estes dispositivos como os primeiros periféricos do Patinho Feio. Estes equipamentos eram os dispositivos de leitura e perfuração de fita de papel. Portanto, eles seriam utilizados como recursos para o armazenamento das rotinas preparadas. Para isto, foi necessário uma re-concepção da entrada e saída de dados: o desenvolvimento de um programa que perfurava bytes na fita de papel e de um programa para ler os bytes de fita de papel, um a um.

“... E então bolamos um formato que nos permitisse trabalhar sem que tivéssemos que ficar apertando o botão.” (NETO, 2001).

O formato referido era iniciar o dia com uma fita perfurada no dia anterior com novas rotinas e carregar o programa, cuja função era ler a fita perfurada, através das chaves do painel. Depois, era só deixar o programa ler as demais rotinas da fita. Somente após estes processos era iniciado o trabalho rotineiro de novamente utilizar a binômio braço-chave de painel para carregar os programas.

“Em uma certa altura, já havíamos construído o carregador e o utilizávamos para carregar, de uma fita padrão, um programa que executava um ‘dump’ do conteúdo da memória para uma outra fita. Ficamos nisto durante um tempo, até conseguir ser operacional.” (NETO, 2001).

Mas a perfuração da fita de papel era um processo lento, que poderia demorar de dez a doze horas. Portanto, a equipe iniciava este processo ao anoitecer. No dia seguinte, o Patinho ainda estaria perfurando as últimas linhas.

“Deixávamos perfurando e íamos para nossas casas. No dia seguinte, existia uma enorme quantidade de fita espalhada pelo chão. Às vezes chorávamos, pois no meio da noite a fita havia sido danificada, isto é, rasgada.” (NETO, 2001).

Victor Mammana também trabalhava na construção de rotinas para o Patinho Feio. Segundo João José Neto, Victor foi responsável pela confecção de uma boa parte dos programas para o Patinho Feio.

“Ele construiu um cross-assembler utilizando macros do IBM1130 que muito nos ajudou.” (NETO, 2001).

“O IBM1130 possuía um assembler gerador de macros. Eu utilizava este programa em assembler para gerar as instruções para o Patinho Feio.” (BARROS, 2001).

Só havia um problema: o sistema IBM possuía duas impressoras, três unidades de discos magnéticos e uma leitora perfuradora de cartões e o Patinho Feio possuía apenas perfuradora de fita de papel. Como então resolver tal impasse?

Segundo João José Neto, a fórmula inicialmente utilizada para contornar esta incompatibilidade foi utilizar o montador do IBM para fazer o programa para o Patinho Feio e depois gerar uma listagem deste programa e seu respectivo código binário. De posse dos valores binários, a equipe reiniciava o procedimento usual de carga do programa no Patinho Feio.

Mas logo haveria uma re-concepção mais eficiente deste sistema. Para tal, entraria em cena um novo ator: o sistema HP. O sistema HP, existente no LSD, possuía em sua configuração uma leitora perfuradora de cartões e uma unidade perfuradora de fita de papel. Com estes elementos, Victor Mammana montou uma forma de gerar a fita para o Patinho, composto de quatro passos. Em um primeiro momento, ele gerava o programa no IBM, verificando o seu funcionamento. Depois de pronto, o próximo passo era converter o programa para binário e perfurá-lo em cartões no próprio IBM. Em seguida, os cartões perfurados eram lidos na leitora de cartões do sistema HP e perfurados em fita de papel. O último passo era carregar aquela fita no Patinho Feio. Todos estes passos necessitaram de programas que possibilitassem estas ações. Estes programas possibilitaram uma re-concepção no desenvolvimento do *software* para o Patinho Feio e modificaram os atores envolvidos no processo.

“O Victor emulou o Patinho Feio no sistema IBM1130. Todos os programas do Patinho Feio foram emulados no IBM1130.” (MASSOLA, 2001).

Segundo o professor João José Neto, posteriormente também foi incluída, entre os periféricos de E/S, uma impressora. E novos programas foram feitos para possibilitar a impressão de dados. A primeira impressão foi o desenho de um Patinho. O desenho foi confeccionado pela irmã de Selma Shimizu e digitalizado pela equipe do Patinho Feio [Figura 19]. Segundo Antônio Massola, o tempo para carregar este desenho na memória do Patinho durou uma madrugada.

Todo este processo de construção-adoção do software se estendeu para o período após a inauguração oficial do Patinho Feio. Muitas das soluções encontradas neste ciclo foram soluções posteriores à data de inauguração do minicomputador. Os próprios integrantes do projeto divergem quanto aos periféricos existentes nesta inauguração. O consenso está no que diz respeito ao fato de ter sido carregado um programa na memória do Patinho Feio nesta inauguração. Sobre o desenho do Pato, há divergências se ele foi apresentado na inauguração ou não. Se ele foi apresentado na inauguração, a impressão do desenho não foi feita pelo Patinho Feio. A maioria acredita que este desenho foi digitalizado após a apresentação do Patinho Feio.

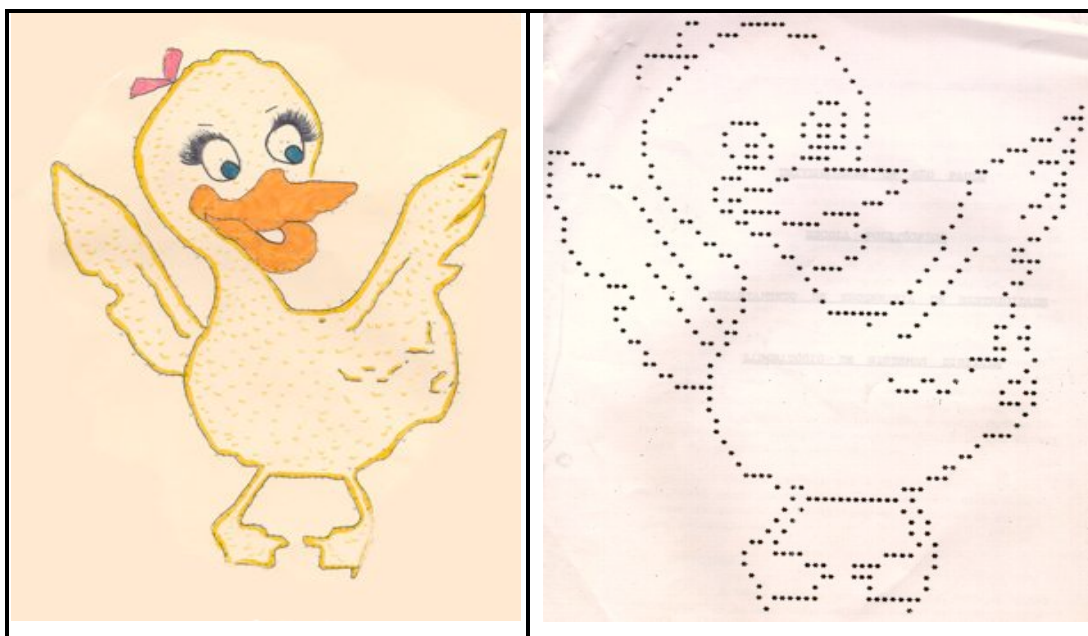


Figura 19: Desenhos do Patinho Feio. Original e clone impresso pelo próprio Patinho Feio.

3.2 Virando Cisne – Parte 1.

Cena 11

Telegrama enviado pelo reitor da USP Miguel Reale ao Governador do Estado de São Paulo, Laudo Natel, em 1972:

*“Honra-me participar a Vossa Excelência ter entrado hoje em funcionamento o primeiro computador digital eletrônico inteiramente projetado e construído no Brasil pela Universidade de São Paulo.”
(Reportagem da Folha de S.Paulo, em 20 de Junho de 1972)*

“... O momento mais tenso foi o momento da inauguração...” (FREGNI, 2002).

Para concluir o Patinho Feio, suas partes (UCP, memória, painel de controle, etc) deveriam ser unidas e testadas. Para tal, as placas de circuito impresso, de aproximadamente 130x120mm, deveriam estar fabricadas, testadas separadamente e em conjunto. A aprovação do Patinho Feio dependia de uma série de etapas que seguiam uma determinada ordem e, caso não fossem cumpridas, estagnariam o processo.

“... O início da integração é uma tarefa complicada para quem não tem experiência. Imagine o Dr. Frankenstein juntando os pedaços e acordando o monstro?... Eu assumira este papel uma vez que a unidade de controle era a parte central desta integração”.(FREGNI, 2002)

Edson Fregni, assumindo o papel de coordenador desta junção, iniciou o processo de depuração e integração por partes. Primeiramente a equipe realizou testes individuais nas placas através de um painel de testes, que utilizava um conjunto de lâmpadas piloto, e um voltímetro, ambos existentes no laboratório. Os valores das entradas e saídas da placa e dos componentes internos dos circuitos eram verificados através deste painel (FREGNI, 1972, p.58). De acordo com Fregni, como as placas eram padronizadas, a equipe considerou desnecessária a

confeção de um programa de testes, pois estes poderiam ser realizados somente em algumas placas de cada tipo.

Uma vez testadas as placas, a equipe iniciou os testes para fazê-las trabalhar em conjunto, integradas. Para minorar a quantidade de erros que poderiam aparecer, as placas de circuito impresso foram interligadas por grupos e, na medida em que os erros fossem sendo depurados e corrigidos um novo conjunto de placas era adicionado. O Patinho Feio foi tomando forma a partir do painel, do relógio central (parte integrante da UCP), do cartão de controle de estado, do fluxo de dados e da memória.

Segundo Fregni (1972, p. 59), a maioria dos erros encontrados nesta montagem foram decorrentes das falhas na preparação da documentação, principalmente na documentação resultante da listagem do programa de interligação dos pinos dos circuitos. Outros problemas surgiram após a correção de falhas anteriores. Fregni, em sua tese, recomenda uma documentação precisa para minorar tais problemas.

“... Depois de alguns dias nesta tarefa, finalmente conseguimos fazer o computador funcionar com um programa de uma única instrução em ‘loop’. Imagina a algazarra no laboratório? Começamos a gritar” Está vivo!”, “ Está vivo!”...” (FREGNI, 2002).

O Patinho Feio havia quebrado a sua casca e anunciava a sua presença. A equipe de hardware iria entregar o minicomputador para a equipe de software iniciar o preparo dos programas e efetuar uma nova depuração.

Mas, segundo Edson Fregni, a algazarra feita pelos integrantes do projeto chamou a atenção do chefe do LSD, o professor Hélio Guerra. Ouvindo o barulho produzido pela equipe, o professor foi verificar o que se passava, já prevendo o motivo. Após comemorar junto com a equipe, o professor Hélio rumou para a sua sala.

“O folclore diz que ele saiu do laboratório, foi para a sua sala e ligou para o diretor da EPUSP, professor Oswaldo Fadigas... Eu imagino que o professor Fadigas, naquela hora, já viu o sistema pronto. Ficou animado, passou a mão no telefone e ligou para o reitor, dizendo que a USP já tinha o primeiro computador

brasileiro funcionando”.(Depoimento do professor Edson Fregni nos 100 anos da EPUSP (BAGNOLI, 1994, p.108)).

Segundo a equipe do projeto do Patinho Feio, ninguém conhece o real teor da conversa entre as direções da EPUSP e da USP. Mas o resultado atingiu à todos, pois algum tempo depois o professor Hélio retornaria ao laboratório com a informação de que a data de inauguração havia sido marcada para o mês seguinte. Com este problema nas mãos, a equipe foi re-escalada e dividida em dois grupos: o grupo de hardware, que trabalhava a noite e contava com Edson Fregni, Célio Ikeda e Flávio Meirelles e o grupo de software, que trabalhava no horário diurno e contava com Antônio Massola e João José Neto.

“... Foram trinta dias insones...” (FREGNI, 2002).

“... Nossa turma era entusiasmada. Ficávamos até tarde da noite, era uma diversão...” (BARROS, 2002).

O Patinho Feio foi inaugurado em 24 de Julho de 1972, em uma cerimônia onde compareceram autoridades do Estado e da Marinha.

Segundo Edson Fregni (2002) , o Patinho Feio foi inaugurado com os seguintes periféricos: leitora e gravadora de fita de papel, plotter da HP e *Teletypes* - “as chamadas *ttys*” (FREGNI, 2002).

De acordo com alguns participantes da equipe de desenvolvimento, na cerimônia de inauguração do Patinho Feio a equipe ficou temerosa com a possibilidade da água benta do bispo causar um curto-circuito. Segundo Vera Dantas (DANTAS, 1988, p.52), no momento em que o governador de São Paulo ia apertar o botão do painel para o funcionamento da máquina, oficializando o Patinho Feio, um dos fotógrafos, na ânsia de poder fotografar o evento, esbarrou nos fios do Patinho Feio, soltando a tomada da parede e descarregando a máquina. Obviamente, os convidados não esperariam a equipe de software iniciar os procedimentos para a carga dos programas novamente. O Patinho Feio foi inaugurado assim mesmo, desligado.

“O Massola havia preparado um programa de demonstração, para ser ativado na inauguração, que acionaria simultaneamente todos os periféricos. Esta aplicação era chamada de ‘sinfonia’, pois ela utilizava muitos instrumentos ao mesmo tempo. Infelizmente, no momento da inauguração, um fotógrafo pisou num

fio que desligou o computador da tomada e não conseguimos executar a sinfonia. A carga do programa de 'bootstrap', composta de 32 instruções, era demorada porque era feita pelas chaves do painel. Este programa acionava a leitora de fita para carregar o programa monitor, um mini-sistema operacional. Por isto, quando a sinfonia pôde ser rodada, algumas autoridades já tinham ido embora” (FREGNI, 2002)

Mas, o LSD havia conseguido o seu objetivo e estava se preparando para um novo desafio. Em um curto espaço de tempo após a inauguração do Patinho Feio, o grupo do LSD já estava envolvido com o projeto do G-10. Ainda segundo Vera Dantas, o contrato entre o GTE e a USP foi assinado no mesmo mês de inauguração do Patinho Feio.

Possivelmente o GTE já havia escolhido as instituições que desenvolveriam o computador G-10. Esta escolha pode ter tido suas raízes quando da criação do próprio GTE, cujos integrantes possuíam afinidades com pesquisadores da PUC-RJ e da própria USP. Em sua entrevista, Glen também cita o fato de Guarany's ter feito seu doutoramento na Universidade de Syracuse, onde ele também concluiu o seu. Vários representantes da Marinha compareceram à inauguração do Patinho Feio. Para ilustrar este fato, segue alguns registros fotográficos da data da inauguração. Os professores Cláudio Mammana, João José Neto, Edson Fregni e Raimundo de Oliveira ajudaram no reconhecimento de alguns personagens que aparecem nas fotos.



- 1 – Laudo Natel, então governador do estado de São Paulo;
- 2 – Victor Mammana de Barros;
- 3 – Luis Henrique T. R. Pedroso, formando em Engenharia;
- 4 – Miguel Reale, então Reitor da USP;
- 5 – Miguel Colassuono, então prefeito de São Paulo;
- 6 – Luiz de Queiroz Orsini, professor da EPUSP.

Figura 20: Inauguração do Patinho Feio. Foto cedida pelos integrantes da equipe do Patinho Feio.

Segundo João José Neto (2001), esta foto foi tirada logo após o fotógrafo ter chutado o fio do computador, desligando-o da tomada. Na foto, Victor Mammana está carregando novamente os programas na memória do Patinho Feio.



- 1 – Antônio Hélio Guerra Vieira;
- 2 – Miguel Reale;
- 3 – Oswaldo Fadigas Fontes Torres;
- 4 – Laudo Natel;

Figura 21: Inauguração do Patinho Feio. Foto cedida pelos integrantes da equipe do Patinho Feio.



- 1 – Ricardo Saur;
- 2 – Miguel Reale;
- 3 – Hélio Guerra;
- 4 – Laudo Natel;

Figura 22: Inauguração do Patinho Feio. Foto cedida pelos integrantes da equipe do Patinho Feio.

“Como está citado no livro do Glen e do Edson, o projeto do Pato foi resultado de um curso de pós-graduação e posterior dissertação de mestrado. Mas o resultado mais importante desse empreendimento foi a capacitação de uma equipe da EPUSP na área de computação, que teve como retorno o contrato do projeto do G10.” (SHIMIZU, 2002).

3.3 Virando Cisne – Parte 2: fragmentos e re-concepções.

Cena 12

O Edson tirou o Patinho Feio da sala de sucatas e o levou para um museu na Scopus. Ele era para ser visto, pois foi um projeto da Poli. Ele hoje está exposto na administração da EPUSP. (fato mencionado por diversos integrantes da equipe do Patinho Feio)

“Este projeto estava atrelado, acho, a uma tentativa de criar um grupo, de criar tecnologia nacional, ou seja, criar e ter mão de obra na área digital que praticamente não existia no país. Havia realmente um grupo interessado em ser capaz de produzir tecnologia para construir computadores, softwares, etc.”. (BARROS, 2001).

“Tem 30 anos. É uma sensação de perda. As pessoas que se formaram naquela época tinham o conhecimento, era tecnologia pura”. (NETO, 2001)

“Éramos uma equipe unida em torno de uma idéia. É um extraordinário privilégio viver momentos assim. Nós acreditávamos que aquilo seria parte da história da vida de cada um. Sabíamos que, mesmo que não tivesse importância maior, para cada um de nós era fundamental”. (FREGNI, 2002)

“Realmente todas essas informações foram se perdendo no tempo. Para nós, foi nada mais que uma atividade acadêmica/profissional e não dávamos conta do que o Pato representava. Eu, particularmente, só me toquei quando soube que o Edson Fregni solicitou a EPUSP os restos do Pato para colocar em um lugar nobre da Scopus – quando ele era sócio-diretor. Lembro que pensei na época: - Puxa, o Pato foi o primeiro computador brasileiro... e estava jogado no lixão da escola!” (SHIMIZU, 2002).

Depois da inauguração do Patinho, o professor João José Neto ficou alguns anos trabalhando em pesquisas envolvendo o desenvolvimento de software para o Patinho Feio. Em 1977, ele e Antônio Massola editaram uma apostila de aritmética binária para os cursos da Poli. Esta apostila descreve detalhes do programa montador do Patinho Feio e contém uma série de exercícios, com manual de utilização para os alunos trabalharem com o minicomputador.

“... Havia diversos módulos em software para o Patinho. Fizemos um compilador, um editor de textos, um editor de linha que rodava nos 4k de 8 bits com leitora e perfuradora de fita... Para fazer o editor funcionar, era necessário carregar o programa pela leitora de papel que mandava editar. O Patinho Feio ficava esperando o conteúdo, nós entrávamos com o valor através das chaves do painel e quando confirmávamos, ele perfurava a fita” (NETO, 2001).

A tese de mestrado do professor João José Neto possui uma descrição detalhada destes módulos.

Segundo o professor João José Neto, o Patinho Feio foi muito utilizado no laboratório em projetos que necessitavam desenvolver circuitos impressos, onde toda a programação destas placas era feita pelo minicomputador. Havia também uma boa documentação sobre as facilidades proporcionadas pelo Patinho Feio, todas em forma de apostilas mimeografadas que eram distribuídas para os alunos de graduação.

Após a adaptação das interfaces de entrada e saída (TTY, impressora, leitora ótica e leitora de cartão), o Patinho Feio também foi designado para trabalhar integrado com um RJE¹²⁰ da Borroughs.

Em 1974, o estudante de engenharia da EPUSP Guido Stolfi e o professor Celso de Oliveira iniciaram um projeto para a construção de um sintetizador. Este seria o projeto de graduação de Guido e utilizaria recursos materiais e humanos da EPUSP. A idéia do projeto era complementada pela possibilidade de ligar o sintetizador construído a um computador que fizesse o controle dos dados.

¹²⁰ Remote Job Entry.

Embora o LSD possuísse o sistema HP2100, o computador escolhido para desenvolvimento deste projeto foi o Patinho Feio. Esta escolha foi motivada não só pela vontade de encontrar aplicações para o Patinho Feio como também pelo fato do Patinho Feio ser mais acessível, tanto em termos de documentação quanto em tempo livre. Ele era o computador disponível para o desenvolvimento de projetos dos alunos de graduação.

“Tínhamos o interesse de encontrar aplicações inovadoras e interessantes para o Patinho, de forma a aglutinar e motivar os elementos da equipe que o desenvolveu e que cuidava dele. Na época, contávamos com outros computadores com arquitetura aberta. Mas era a disponibilidade de tempo de utilização e de recursos humanos especializados que tornava mais interessante a utilização do Patinho Feio” (STOLFI, 2002).

Segundo Theophilo Pinto (2000, p.69), “o Patinho Feio funcionava como uma espécie de *sequencer*, armazenando as músicas e o *patch* do instrumento.”. Através de uma conexão digital ligada ao painel do sintetizador, o Patinho Feio podia enviar comandos para a execução de notas musicais e efetuar a programação de alguns módulos do sintetizador, como por exemplo, a forma de onda do som produzido.

Segundo Guido Stolfi, o professor João José Neto coordenava o desenvolvimento dos programas de controle do sintetizador auxiliado pela estagiária Eloah Cunha.

“Lembro que estas atividades não eram academicamente oficiais. Todos os trabalhos em torno do sintetizador eram feitos mais por interesse e curiosidade individuais das pessoas envolvidas, que achavam maravilhoso um aparelho tocar música sozinho.” (STOLFI, 2002).

A equipe de desenvolvimento do sintetizador enfrentava alguns percalços: em primeiro lugar, o sintetizador era monofônico o que significava escrever e gravar as vozes uma a uma. O segundo problema era a distância – aproximadamente 50 m - entre a sala onde estava situado o Patinho Feio e a sala onde fora montado o sintetizador.

Para fazer o sintetizador tocar uma música primeiramente era necessário perfurar as “notas musicais” utilizando a *teletype*. O próximo passo era

transportar estes dados para o Patinho, através da leitura da fita perfurada. Se o Patinho Feio validasse os dados, bastava apertar seu botão de partida para ele os enviar para o sintetizador. E todos saiam correndo para a sala onde se encontrava o sintetizador a fim de poder ouvir o conteúdo armazenado.

Este era um processo demorado, pois se o Patinho Feio recusasse algum dado de entrada, o primeiro passo deveria ser refeito. No entanto, segundo Theophilo Pinto (2000, p. 70), havia a vantagem de que as fitas podiam ser cortadas e emendadas para o aproveitamento de dados já perfurados.

O projeto do sintetizador também contribuiu para o desenvolvimento e testes de outros projetos. Segundo Theophilo Pinto (2000, p. 71), a construção do sintetizador utilizou a fábrica de circuito impresso e possibilitou a confecção de experimentos sobre formas de onda.

“Construir uma máquina assim permitiu trabalhos paralelos dentro da escola. A possibilidade de experimentação de diversas formas de ondas contribuiu inclusive para outros experimentos de análise espectral, usado em outras áreas da comunicação.” (PINTO, 2000, p. 70).

A construção e o desenvolvimento do sintetizador durou até 1978. Durante a execução do projeto, a sua ligação com o Patinho Feio foi se enfraquecendo. Um dos fatores que contribuíram para este enfraquecimento foi a substituição do Patinho Feio por um minicomputador HP 21MX, que passaria a desempenhar as funções do Patinho. Este fato tornou possível manter o conjunto (o novo computador e o sintetizador) em apenas uma sala. Por outro lado, o vínculo que havia sido criado, entre grupo responsável pelo projeto do sintetizador e o Patinho Feio, foi desfeito.

“Devido a dificuldades operacionais pelo fato do computador e sintetizador ficarem em salas diferentes, o Patinho Feio acabou sendo substituído posteriormente por um novo computador – um HP modelo 21MX” (STOLFI, 2002).

Mas o exemplo da construção do sintetizador traz o Patinho Feio como um ator na rede sociotécnica do LSD que participava das negociações para concepção de novos objetos técnicos. O Patinho Feio estava ligado à graduação e à pós-graduação do departamento de Engenharia de Eletricidade e executava diversas tarefas: Ele auxiliava no ensino de arquitetura de computadores e de

programação. Além disto, os programas que haviam sido desenvolvidos para o Patinho Feio geravam as coordenadas utilizadas para a construção das placas de circuito impresso pela oficina de circuitos da EPUSP.

“Uma lembrança romântica: o Pato Feio era avesso a visitas. Toda vez que tinha visitas importantes, ele nos fazia passar vexame pois se recusava a funcionar.” (STOLFI, 2002).

“Em um determinado momento, o hardware do Patinho Feio começou a falhar. Isto porque ele era um computador experimental e era um tal de tirar e colocar placas...” (NETO, 2002).

Eu acredito que estas falhas são resultantes do enfraquecimento dos vínculos da antiga equipe de hardware com o Patinho Feio. Enquanto que a equipe responsável pelo desenvolvimento do seu software continuava a trabalhar na elaboração e aperfeiçoamento dos seus programas, a equipe de hardware estava ocupada com o desenvolvimento do G-10 [Figura 23]. Mas este fato contribuiu para desencadear uma nova re-concepção do Patinho Feio – a construção do Pato II. Segundo Egmont Shimizu, este projeto foi realizado por uma nova equipe de hardware – formada pelos novos alunos de graduação – e pela antiga equipe de software. E, assim, novamente estava sendo fortalecida a rede de construção de um minicomputador no LSD.

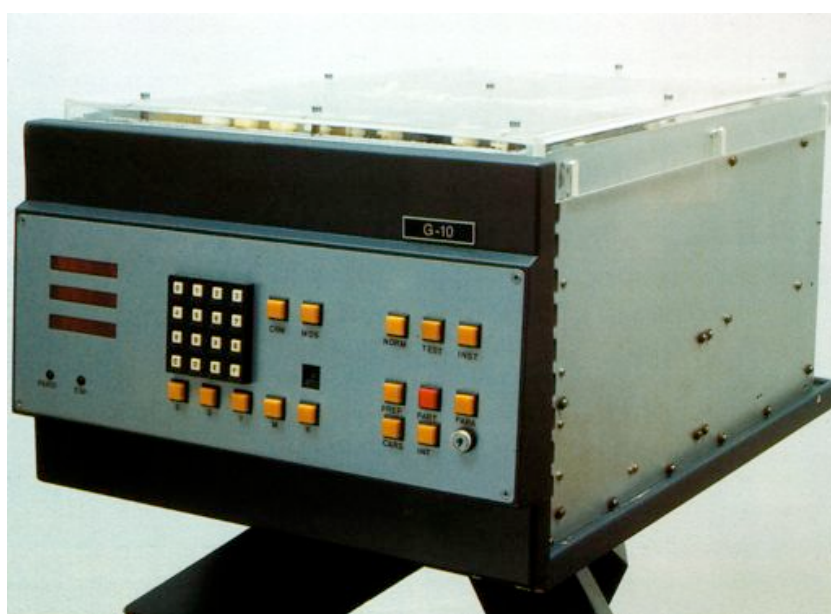


Figura 23 – Protótipo do G-10. Fonte: (BAGNOLI, 1994, p.109).

Em 1974, Egmont Shimizu iniciava seu estágio no LSD, na função de suporte de hardware da equipe do Patinho Feio. Segundo Egmont, sua primeira tarefa foi “consertar a TTY do Pato”.

“Ganhei uma caixa de ferramentas, o esquema elétrico da interface da TTY, uma apostila que foi base para o livro do Edson/Glen, a chave da porta do Pato, um tapinha nas costas e um boa sorte.” (SHIMIZU, 2002).

Segundo Egmont, em 1974 a equipe do Pato estava resumida aos estagiários de software. A partir da decisão de implementação do projeto Pato II, a equipe de hardware foi novamente sendo formada. Egmont participou desta reconcepção até 1976, quando ele foi transferido para o projeto G-10.

Segundo Egmont Shimizu, o Pato II teve a sua memória implementada nos mesmos moldes da segunda geração do G-10. Nesta segunda geração, Moacyr Martucci Junior desenvolveu os módulos de memória monolítica (as chamadas DRAM hoje), que foi o tema de sua dissertação de mestrado, intitulada “Projeto de uma memória monolítica: recurso para a ampliação da memória de um minicomputador”¹²¹. Em sua tese, defendida em 1979, Moacyr descreve as reconcepções implementadas para que o antigo esquema do Patinho Feio tivesse uma expansão da memória para 32K bytes, sem tornar inoperante o software já desenvolvido. Segundo Egmont, as principais mudanças internas ocorreram na expansão da via de endereços, para aproveitar a nova capacidade de armazenamento da memória (o que provocou uma alteração no fluxo de dados) e na “criação de um *loader* por hardware, uma vez que a memória era volátil”. No painel de controle, os registradores deixaram de ser representados por LED’s, que foram substituídos por um conjunto de quatro mostradores (displays) hexadecimais e um seletor do registrador a ser mostrado.

O Pato (ou Patinho) Feio II herdou a fonte de alimentação da primeira geração do G-10. Este fato possibilitou a redução das dimensões do novo computador.

“Algo em torno destas geladeiras de isopor que os vendedores ambulantes de sorvetes carregam na praia”. (SHIMIZU, 2002).

¹²¹ Orientado por Antônio Marcos de Aguirra Massola.

“Curiosamente, o Pato II herdou a mesma personalidade do Patinho Feio – detestava visitas.” (SHIMIZU, 2002).

“Talvez o único documento onde o Pato II foi mencionado é a dissertação do Moacyr Martucci, sobre o projeto da memória monolítica (apesar de ter sido projetada para o G-10, foi uma opção do Moacyr dirigir a dissertação para o Pato II)” (SHIMIZU, 2002).

Se a documentação que restou sobre a construção Patinho Feio é escassa, e se reporta ao produto final, a documentação para o Pato Feio II é praticamente inexistente. Existem inclusive algumas divergências no que diz respeito a sua configuração. Em 1980, um documento do LSD cita que o Patinho Feio possui 8K de memória (LSD, 1980). Egmont acredita que a ausência de documentação se deve ao fato do Pato Feio II não possuir o pioneirismo do primeiro Patinho nem as inovações que estavam sendo implementadas no G-10. Além disto, quando o Pato Feio II iniciou o seu funcionamento, “estava começando o *boom* dos microprocessadores, e poucos queriam saber de máquinas discretas como o Pato”.

João José Neto também lembra desta época:

“Estavam chegando os chips 4040, 8080 e não havia motivo para trabalhar em um computador obsoleto. Já existiam equipamentos que possuíam um conjunto mais poderoso. Então o LSD tomou a decisão de apagar o Patinho Feio.” (NETO, 2002).

Após a desativação dos Patinhos, João ainda simulou inteiramente hardware e software no sistema HP. Um trabalho que, segundo ele, estaria funcionando até hoje, se ainda existisse o sistema na EPUSP.

Mas a transformação do Patinho Feio em Cisne não ficou registrada apenas na sua existência e na sua estabilidade enquanto um computador. Esta transformação transpôs os limites da USP e gerou outros artefatos como, por

exemplo, a criação da Scopus¹²², fundada por Edson Fregni, Célio Ikeda e Josef Manarsterski¹²³ em 1975.

“Por volta de 1980, eu descobri que o Patinho Feio estava na sala de sucatas e disponível para ter suas peças utilizadas em outros projetos. O Marcos Massola concordou que eu o levasse para o museu da Scopus. Glen esteve presente na inauguração deste museu. Depois, ele foi transferido para a nova sede da Scopus, um edifício batizado de Glen Langdon, homenagem justa ao nosso professor. Quando eu saí da Scopus, devolvi o Patinho Feio para a Poli, que é o lugar dele. Mas não mais na sala de sucatas... O Marcos Massola tem sido o seu guardião. Para o nosso grupo, aquele monte de lata e circuitos simboliza momentos de orgulho para cada um”.(FREGNI, 2002)

As próximas figuras [Figura 24-a e 24-b] mostram Edson Fregni e Glen Langdon e o Patinho Feio e Glen Langdon, respectivamente. Estas fotos foram enviadas por Edson Fregni e a segunda mereceu um comentário de Egmont Shimizu.



Figura 24-a – Glen Langdon e Edson Fregni.

¹²² Scopus Tecnologia é uma empresa que hoje atua na área de tecnologia da informação oferecendo serviços de desenvolvimento, apresentação de soluções e manutenção. (SCOPUS, 2002)



Figura 24-b – Glen Langdon e uma das versões do Patinho Feio.

“Esta foto [Figura 24] deve ter sido tirada por volta de 1977/1978, provavelmente na SUCESU quando o Glen Langdon retornou ao Brasil. Ele ministrou um curso de pós-graduação como professor visitante. Estou me baseando nos detalhes da foto: aparece o logotipo novo do LSD e a chave ‘EXEC’ quadrada destoando do resto é obra minha. Esta era a chave mais utilizada e o modelo original não suportava a solicitação. Assim, resolvemos trocá-la por um modelo mais robusto.” (SHIMIZU, 2002)

¹²³ Este último participou do projeto G-10.

Concluindo.

“O que seria representar esta teoria? Oferecer um relato? ... Algumas vezes eu me deparo com esta questão. Pedem-me para falar sobre a teoria ator-rede. Para resumi-la. Oferecer um veredicto... a solicitação põe um problema. O problema do que é ser um representante fiel. E, em particular, com o que possa significar ‘representar’ uma teoria que fala de representação em termos de tradução... aqui segue uma possibilidade. A teoria ator-rede poderia ser representada sendo performada ao invés de sumariada. Explorando um pequeno número de estudos de caso ao invés de procurar descobrir suas regras fundamentais... Para fazer isso é preciso contar histórias, histórias sobre ruído. Ruído ator-rede. Os tipos de ruídos feitos pela teoria ator-rede”¹²⁴ (LAW, 1986)¹²⁵

Última? Cena

Ao procurar um tema na área de informática para a minha dissertação de mestrado, me vi envolvida no seguinte diálogo:

Por que você não escreve sobre o Patinho Feio? – Alguém me sugeriu.

Mas o que é o Patinho Feio? – Perguntei.

O Patinho Feio foi um computador fabricado na USP. Acho que o nome do projeto era G-10.

Foi assim que iniciei minhas pesquisas em relação ao Patinho Feio: com a certeza de que estaria fazendo um trabalho sobre um projeto chamado G-10. Portanto, minha primeira palavra-chave era: G-10. O primeiro contato, feito por meios eletrônicos, foi com a professora Maria Alice Varella Ferreira, que trabalhou

¹²⁴ “What would it be to ‘represent’ that theory? To offer an account? ... Sometimes I find that I’m faced with this question. I am asked to speak for actor network theory. .. To sum it up. To offer a verdict.... For the request poses a problem. The problem of what is it to be a ‘faithful representative’. And in particular with what it might mean to ‘represent’ a theory that talks of representation in terms of translation... here is one possibility. That one might represent actor network theory by performing it rather than summarizing it. By exploring a small number of case studies rather than seeking to uncover its ‘fundamental rules’... To do this one would need to tell stories, stories about noise. Actor-network noise. The kind of noises made by actor-network theory” (LAW, 1986).

no projeto G-10. E na sua entrevista fui apresentada a dois projetos distintos: o projeto de construção do minicomputador na EPUSP – o Patinho Feio - e o projeto desenvolvido pela USP em conjunto com a PUC-RJ com o apoio financeiro do antigo BNDE – o G-10. E com a certeza de que havia uma separação bem evidenciada entre os dois projetos, minha ligação com o projeto G-10 ficou temporariamente enfraquecida. Posteriormente, através dos depoimentos, pude verificar que a construção do Patinho Feio teve como decorrência a participação da equipe do LSD no desenvolvimento do G-10.

Neste trabalho, descrevi algumas características do processo de construção do Patinho Feio em ciclos de concepção e adoção. Este formato me permitiu o uso da escassa documentação existente sobre o Patinho e, como havia uma tese sobre a UCP e a apostila descrevendo o Patinho Feio para os programadores, optei por dividir a construção do computador conforme o material encontrado. Assim, a proposta deste trabalho de utilizar o modelo descrito por Callon (1995, pp. 307-330) pôde ser colocada em prática.

Seguindo a descrição do modelo, o segundo item do segundo capítulo deste trabalho, intitulado “Recrutamento – uma lista inicial de atores”, relata a mobilização de diversos atores em torno de uma idéia: a construção de um minicomputador. Para tornar esta idéia viável, o LSD necessitava criar uma equipe e torná-la capaz de executar a tarefa. Para isto foi necessário efetuar mudanças no departamento, mudanças estas feitas através de negociações, tais como as que possibilitaram modificar o currículo de engenharia de eletricidade e as negociações que trouxeram um professor estrangeiro para o departamento. Com isto, estava sendo formada uma rede sociotécnica ligada a um projeto de capacitação dos engenheiros da EPUSP na área de sistemas digitais. Nesta rede, formada por elementos heterogêneos, estava inclusa a construção do computador.

Na narrativa, descrevo os elementos necessários para efetivar a cadeira de arquitetura de computadores: o convite para um professor estrangeiro; a IBM como mediadora da vinda deste professor; a falta de material didático para as aulas trazendo a necessidade de utilização de um mimeógrafo para produzir este material; o envolvimento de outras unidades da USP neste curso; o carisma do professor que, para manter seus alunos atentos, apresentava tarefas para serem feitas em casa. Enfim, o trabalho descreveu uma lista de atores heterogêneos e

¹²⁵ Tradução de Fernando Manso.

uma série de procedimentos necessários para a consolidação do curso. O resultado destas negociações ficou registrado nos trabalhos finais desenvolvidos pelos alunos: projetos para o desenvolvimento de minicomputadores. Da correção destes trabalhos surgiu o projeto de construção de um minicomputador no LSD. Esta foi uma primeira concepção do Patinho Feio – uma concepção em papel.

Após a correção dos trabalhos, têm início novas negociações. Desta vez, os porta-vozes do projeto do computador recrutarão novos aliados. Para efetivar a construção do Patinho Feio, foi necessário convencer outros atores, como aqueles que contribuíram financeiramente. Este enredamento foi facilitado com a notícia veiculada sobre o projeto da Marinha pois, assim, a proposta de produzir um computador transpôs os limites da EPUSP. Esta proposta transformou o projeto de construção do minicomputador em uma idéia de capacitar a USP para ser candidata a desenvolver o projeto noticiado.

“No fundo, não tenho certeza”, o projeto do Patinho Feio foi até uma forma de provar aos militares – o pessoal do dinheiro – que tínhamos condições. Provar para conseguir dinheiro e desenvolver mais projetos.”(BARROS, 2001).

“Pensamos no G-10 a partir do momento que soubemos dele.”
(FREGNI, 2002).

Segundo Edson Fregni, “a existência dos programas de pós-graduação levou à criação de laboratórios que passaram a almejar projetos maiores e de maior importância. Com o LSD não foi diferente: um dos propósitos de sua criação era a possibilidade de construção de um sistema digital” (FREGNI, 2002).

O capítulo dois, “Um projeto de um minicomputador como construção sociotécnica”, termina com a escolha do nome com o qual o computador ficou conhecido: Patinho Feio. Segundo o relato dos participantes do projeto, esta escolha foi uma brincadeira realizada com colegas pesquisadores de outra universidade, a Unicamp, e também estava relacionado com a divulgação do projeto da Marinha.

O próximo capítulo, com o título de “O Patinho Feio como construção sociotécnica”, “herda” uma lista inicial de atores para a construção do Patinho Feio. Esta lista já estava sendo desenhada na rede que foi apresentada no capítulo

anterior, onde o Patinho Feio era um de seus nós. Desmembrando este nó, descrevo os atores iniciais já comprometidos com a “máquina de Von Newmann”, tanto com o esquema propriamente dito quanto pela divisão das tarefas que seriam efetuadas. No trecho do livro de Tracy Kidder¹²⁶, descrito por Latour (LATOUR, 1987, p. 5), um engenheiro da empresa Data General visualiza nas partes internas do computador VAX da Digital a própria organização desta empresa. Como neste trecho, ao olhar a forma de organização do grupo para a construção do Patinho Feio, era possível visualizar a divisão do esquema do minicomputador: unidade central de processamento, memória, interfaces de entrada e saída. E esta divisão ainda ficou inscrita nas produções das teses de mestrado. Guardando as devidas proporções, a história do Patinho Feio está afinada com a história narrada por Tracy Kidder quando este descreve a criação do grupo de desenvolvimento do novo computador da Data General – uma lista inicial de atores:

“... e no início da primavera de 1978 West havia reunido uma equipe. Ele tinha Rosemarie, Alsing e cerca de doze outros engenheiros experientes, que haviam trabalhado com ele anteriormente.... Do verão até o outono de 1978, a equipe de West havia dobrado de tamanho cerca de uma dúzia de neófitos, recém-graduados em engenharia e ciência da computação” ¹²⁷;

A história do Patinho Feio também está afinada quando Tracy Kidder descreve os relatórios criados durante o desenho do hardware – negociações:

“Quando a equipe de hardware iniciou o projeto do Eagle, Rasala criou uma espécie de diário. ... o leitor encontrava a falta de decisão dos projetistas, uma aflição que fazia um projetista pular de uma possibilidade para outra ... A última entrada, registrada vários meses antes da equipe terminar o projeto , lê-se, ‘além de tudo, as coisas parecem nojentas...’” ¹²⁸;

¹²⁶ KIDDER, Tracy. *The soul of a new machine*. Back Bay Books. 2000. 293 p. Publicação original: Atlantic-Little, Brown, 1981.

¹²⁷ “...and by the very early spring of 1978 West had gathered the makings of a team. He had Rosemarie and Alsing and about a dozen other experienced engineers, who had worked for him before... Between the summer of 1978 and the fall of that year, West’s team roughly doubled in size...about a dozen neophytes, fresh from graduate schools of engineering and computer science...” (KIDDER, 2000, pp.58-59)

¹²⁸ When the hardware team started to design Eagle, Rasala opened a sort of diary.... The reader encounters the indecisiveness of logic designers, an affliction that causes a designer to ‘spin’ from one possible approach another...The last entry, recorded several months before they stopped designing, reads, ‘Overall, things look lousy’” (KIDDER, 2000, p. 148).

E também está afinada quando descreve o simulador do computador – re-concepções:

“...Você faz um computador antigo imitar o novo através da construção de um programa. Este programa – o simulador – faz o computador existente responder às instruções tal como é esperado que o novo computador, ainda inexistente, faça... Alsing queria um. Ele sempre desejou ter um simulador para testes e correções ...”

“Peck obteve o simulador escrito e rodando em aproximadamente seis semanas.... Dois meses e meio depois de Peck ter terminado, o simulador de Firth tornou-se funcional. Dois meses depois, Firth o redefiniu. Ele deu a equipe uma versão completa do Eagle em um programa – uma maravilhosa máquina, de papel, como ela seria”.¹²⁹.

Neste capítulo, o trabalho descreveu a dinâmica de concepção/adoção do Patinho Feio em pequenos ciclos de concepção e adoção das partes do seu esquema definido. Este processo, viabilizou a verificação da adoção de alguns procedimentos e o abandono de outros para a convergência da rede do Patinho Feio. Um exemplo sobre este assunto, foi a adoção da memória Philips, enfraquecendo a ligação de Edith Ranzini com a idéia de construção de uma memória de núcleo de ferrite própria embora, mesmo com a adoção desta memória, tenha sido necessário a introdução de estudos e testes entre ela e a unidade central do minicomputador. Mas este enfraquecimento também foi provisório, pois consta que a professora Edith Ranzini desenvolveu posteriormente uma memória de núcleo de ferrite que foi o assunto da sua dissertação de mestrado.

Na falta de documentação sobre o desenvolvimento de algumas partes do Patinho Feio, como o painel de controle, por exemplo, optei por citá-las durante a descrição de outras partes componentes do minicomputador dentro dos pequenos ciclos.

O início de cada ciclo de concepção e adoção traz uma citação retirada do modelo proposto por Callon (1995, pp. 307-330).

¹²⁹ “You make the old computer imitate the new by writing a program. This program – the simulator – makes existing computer respond to instructions just as the contemplated, unbuilt computer should. Alsing wanted one. He had often wished he had a simulator, for testing and correcting”
“Peck got this simulator written and running in about six weeks... Two and a half months after Peck finished, Firth’s simulator became functional. Two months after that, Firth had redefined it. He gave the Microteam a full-blown version of Eagle in a program – a wonderful machine, of paper, as it were...(KIDDER, 2000, p. 161).

No primeiro ciclo da narrativa, com o título “A escolha da memória”, lê-se:

“A fase de concepção sempre herda redes formadas em seqüências anteriores...” (CALLON, 1995, p. 319).

Este início sugere que a concepção da memória herdou redes já formadas. De fato, ao iniciar as negociações para a memória, já existia uma rede formada a partir da idéia de capacitação da equipe do LSD. Uma rede formada por um grupo que havia assistido ao curso de arquitetura de computadores e havia esboçado um computador em papel. Neste ciclo, os atores trazem duas idéias: desenvolver uma memória ou utilizar uma já desenvolvida por um fabricante conhecido. Os argumentos utilizados durante as negociações (tempo curto para a construção e possibilidade de mau funcionamento da memória montada) levam os atores a um acordo em torno da memória comprada. Com este acordo, as relações entre os atores se modificam e, por sua vez, estes atores têm seus objetivos modificados. A “concepção da memória” também traz para os ciclos de concepção-adoção do Patinho Feio a rede da memória comprada, que incluía o seu fabricante.

No próximo ciclo narrado, “Unidade de controle, memória e outras redes”, mobilizo a seguinte citação:

“O processo de concepção acaba quando é alcançada a convergência da rede.... é alcançado o acordo sobre a técnica. O acordo não é sobre a técnica no sentido estrito. Ele também se aplica às redes inscritas na técnica.” (CALLON, 1995, p. 317).

Para a concepção/adoção da UCP, a memória já estava adotada e, portanto, a rede da memória havia convergido. Para a UCP, a memória seria um ator do processo e traria para a mesa de negociações as suas especificações, relatadas em seu manual de operação, definidas pelo seu fabricante. Esta é a representação das redes inscritas na memória. A UCP deveria ser construída de acordo com as especificações já definidas para a memória. Ela deveria estar adaptada a estas definições. A ligação entre a memória, a UCP e as demais partes do Patinho Feio se fortalece.

O próximo ciclo, intitulado “Novos atores, novos ciclos: oficina de circuito impresso, padronização e recursos auxiliares”, introduz uma nova “técnica” para a dinâmica do processo de construção do Patinho Feio. Em sua epígrafe cito:

“Basta mudar a lista de atores autorizados a negociar, a ordem de sua intervenção, a morfologia das interações e também os meios pelos quais atores ‘representados’ podem ser envolvidos (por exploração das redes de similaridade) para que outras técnicas sejam desenvolvidas.” (CALLON, 1995, p. 317).

Para a construção da UCP seria necessário enredar os fabricantes de placas de circuito impressos. Mas a interação entre a equipe do projeto e estes fabricantes ficou comprometida devido ao prazo de entrega estabelecido. Portanto, o enfraquecimento desta relação modifica a lista de atores, que envolve a necessidade de redução do prazo e traz a idéia de construção de uma oficina (e uma outra técnica para a produção do circuito) para a montagem das placas de circuito impresso no LSD. Esta idéia traz novas negociações e novos atores. Estas negociações também operam re-concepções no projeto da UCP, para adaptá-la a nova forma de construção dos circuitos.

Continuando a descrição dos ciclos, o próximo, cujo título é “A UCP e o painel na visão do programador”, traz uma ‘representação’ do computador diferente da descrita até então pelos projetistas de circuito. Esta visão é a do programador. No início deste ciclo está citado:

“Mas o recrutamento vai além das entidades fisicamente presentes durante a negociação. Para mostrar isto, eu introduzo o conceito de representar uma rede. Cada ator A_i exerce força no processo de negociação posicionando-se como uma representação de uma rede...” (CALLON, 1995, p. 314).

Até então, este trabalho havia descrito o Patinho Feio através da nomenclatura utilizada pelos projetistas de seu hardware. Estes atores identificavam o computador através dos valores de voltagem e de corrente dos seus circuitos impressos. A forma de funcionamento do computador estava representada pelo comportamento esperado dos componentes que compunham as placas de circuito do computador. Mas a equipe de programação da rede do Patinho Feio possuía uma visão diferente e identificava o funcionamento do computador através

das ferramentas que eles utilizariam para confeccionar o software do Patinho Feio. Cada ator do processo de construção do Patinho Feio possuía uma forma de representá-lo de acordo com a sua própria identidade.

Já no ciclo para a implementação do software, intitulado “A implementação do software e os dispositivos de entrada e saída”, trago a seguinte citação:

“... quando um ator adiciona novas entidades à lista como, por exemplo, usuários mais sofisticados ou mais fraudulentos, para dar apoio ao seu caso favorável à uma forma particular da rede sociotécnica em formação. Isto então cria uma dependência destas novas entidades como, por exemplo, uma nova conexão na rede, pois elas deviam se comportar (ou serem obrigadas a se comportar) como estipulado nas projeções. De novo, se as novas entidades têm uma rede de definição similar à projetada (ou podem ser persuadidas a ter uma assim), torna-se relativamente fácil para o ator geral fazer com que elas sigam o cenário.” (CALLON, 1995, p. 315).

De fato, neste ciclo novos atores são envolvidos. Para minorar as dificuldades que os programadores estavam tendo para a produção dos programas, e reduzir o tempo desta produção, os computadores IBM e HP e suas respectivas redes, foram adicionados a lista de atores e deram apoio a esta produção. Para isto, foi necessário ‘adaptá-los’ às necessidades dos atores já envolvidos no processo de confecção do software. Estas adaptações faziam com que os novos atores se comportassem tal qual era ‘esperado’ pelos seus recrutadores. Além disto, estas mesmas adaptações, representadas pelos programas auxiliares na conversação entre os três computadores, construíram uma ligação entre estes novos atores e o Patinho Feio.

Os dois últimos itens deste capítulo descrevem as transformações do “Patinho Feio em Cisne”. A primeira parte, “Virando cisne: parte 1”, descreve as negociações para a sua montagem e novas re-concepções de suas partes componentes. Nesta parte, a sua transformação em cisne está na assinatura do contrato entre a EPUSP e o GTE. As fotos mostradas neste item ilustram as relações entre a USP e a Marinha. Eu acredito que estas relações já estivessem fortalecidas antes da assinatura deste contrato.

“O G10 é o Cisne no qual o Patinho Feio se transformou.” (FREGNI, 2002).

Quando Edson Fregni afirma que o G-10 é o Patinho Feio transformado em cisne, neste contexto que está sendo estudado, podemos traduzir as suas palavras para o G-10 é uma re-concepção do Patinho Feio.

A segunda parte deste item descreve algumas re-concepções do Patinho Feio. A mudança do tipo da sua unidade central de processamento – com a adoção de uma unidade micro-programada, a expansão de sua memória foram re-concepções efetuadas em seu projeto, chamado de Pato II. Algumas destas mudanças estavam sendo projetadas para o G-10, mas o Patinho foi utilizado nesta implementação inicial. Neste item também apresento o aparecimento de uma nova rede, da qual o Patinho Feio foi ator do processo: a rede de concepção/adoção de um sintetizador na EPUSP.

No trabalho mostrei uma quantidade de elementos que foram recrutados para que a rede do Patinho Feio fosse consolidada. Para manter esta estabilidade é necessário manter o interesse destes elementos, mas os atores no processo da construção do minicomputador também podem sofrer modificações. Com o início do projeto G-10, a ligação que o grupo de hardware possuía com o Patinho Feio se tornou enfraquecida. Além disto, com o uso, os circuitos do Patinho Feio começaram a falhar e, com a chegada de novos componentes eletrônicos, as ligações, ainda existentes, entre o LSD com o Patinho Feio, enquanto um objeto técnico para a pesquisa, terminaram. É o caráter provisório da rede.

“Não havia mais interesse em manter um computador obsoleto.”(Neto, 2001)

Mas esta mudança deu lugar a um outro ciclo, uma re-concepção do Patinho Feio, que foi inscrito em um sistema HP. Seu hardware, seus programas, enfim, todo o seu processo de funcionamento foi simulado e a ligação da equipe de software, atores desta re-concepção, com o Patinho Feio – agora em sua nova versão simulada– ficou fortalecida.¹³⁰

¹³⁰ Este procedimento não foi um fato isolado entre os elementos ligados ao Patinho Feio. Em 1984, um estudante de informática da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Mário Impronta, ao descobrir que o

Durante as décadas de 70 e 80, cientistas, políticos e empresários contribuíram e participaram da implantação da indústria de informática no Brasil. Alguns dos integrantes tanto da equipe envolvida com o desenvolvimento do Patinho Feio, tais como Edson Fregni e Cláudio Mammana, quanto da equipe de desenvolvimento do G-10, participaram ativamente das definições das propostas que nortearam a criação de uma indústria de informática nacional. Muitos dos que não são citados como atores da dinâmica de desenvolvimento do Patinho Feio, entre os quais Ivan da Costa Marques, são pontos de passagem obrigatórios quando nosso olhar se estende para a reserva do mercado de informática no Brasil. A história de tais atores se mistura com a própria história da computação no Brasil¹³¹. Segundo Edith Ranzini, a construção do Patinho Feio “foi um marco que embasou uma nova fase da Engenharia Eletrônica no Brasil. O Patinho Feio possibilitou o desenvolvimento de tecnologia nacional. Mas, apesar de sermos um dos maiores mercados do mundo, não fabricamos nada. Apenas montamos computadores. O Patinho Feio permanece orgulhosamente exposto na diretoria da Escola Politécnica da USP.”¹³²

“Mas se nos compararmos com países em condições econômicas e sociais semelhantes às nossas, concluiremos o quanto percorremos nestes últimos anos, na informática.” (DANTAS, 1989, p. 104). Segundo a tabela¹³³ referenciada por Marcos Dantas (1989, p.105), em 1986 o Brasil empregou 34.856 pessoas em empresas nacionais, enquanto que o México empregou 2.087 em 1987. Havia nas empresas nacionais do Brasil um total de 2.484 funcionários de nível superior alocados em pesquisa e desenvolvimento, um número bem superior ao da Argentina (122) e do México (144).

Segundo Raimundo de Oliveira (1984, p. 12), “com pouco mais de 10 anos de vigência da “Reserva””, havia cerca de 300 empresas verdadeiramente nacionais empregando cerca de 33 mil trabalhadores. “Para o mesmo faturamento, as empresas nacionais empregavam 2,5 vezes mais profissionais de nível superior

sistema operacional CP/M seria desativado nos laboratórios do Núcleo de Computação Eletrônica, tratou de transformá-lo e simulá-lo em um sistema Unix no PDP-1170. Simulou tanto hardware como software. O PDP-8, hoje em dia, também está simulado para estudo. Acessando a página <http://www.pdp8.net>, o usuário pode executar o procedimento de boot da máquina, desenvolver e executar programas, etc.

¹³¹ Para uma leitura sobre esta época e nesta ótica, ver Dantas (DANTAS, 1984).

¹³² Segundo Edith Ranzini, este seu depoimento saiu em uma revista de divulgação da TAM.

¹³³ Fonte: Relatório BID de 1988.

e 20 vezes mais na área de pesquisa e desenvolvimento”, em comparação as empresas estrangeiras que empregavam 74% desses profissionais em vendas (OLIVEIRA, 1984, p. 13).

Em uma das primeiras pesquisas para este trabalho recuperei diversas reportagens que versam sobre a reserva de mercado de informática no Brasil. Uma destas reportagens, publicada pela revista Dinheiro On line no ano de 2000, citava especificamente o Patinho Feio:

O Peso da Reserva

No Brasil, a história da informática começou a ser escrita na época do “Milagre Brasileiro”. Em 1972, cientistas do Laboratório de Sistemas Digitais da Poli, na Universidade de São Paulo (USP), construíram um computador com 450 pastilhas de circuitos integrados e memória para 4.096 palavras. O Patinho Feio, como foi chamado, não passava de um protótipo que fez parte de um programa de professores do curso de Eletrônica. E nunca se transformou em cisne. O grande marco da indústria da tecnologia no País acabou sendo uma lei, promulgada em 1982 e até hoje alvo de muita polêmica... Com o fim da reserva, em 1992, as grandes companhias multinacionais invadiram o mercado brasileiro – hoje estimado em US\$ 20 bilhões anuais -, abocanharam os concorrentes locais e hoje reproduzem aqui o modelo que utilizam em outros países.

Revista Dinheiro Online, número 123, 2000.

De fato, Edson Fregni acredita que a época do chamado “Milagre Brasileiro” influenciou o projeto:

“Eu acredito que esta onda, que levou a USP ao Patinho Feio, possui antecedentes na época de Getúlio Vargas (siderúrgicas), na indústria aeronáutica nacional da 2a. guerra (a do teco-teco, do Paulistinha); acredito ainda que essa onda passa pelo modelo da Indústria Automobilística na década de 50 (mão de obra nacional e capital das autopeças nacional), evolui para a indústria de telecomunicações da década de 70 (capital e mão de obra nacionais) e chega na

PNI no final da década de 70 com um modelo completo: mão de obra, capital e tecnologia nacionais.”.(FREGNI, 2002)

A construção do Patinho Feio estava sendo costurada dentro de uma rede, onde as mudanças nos currículos de graduação e pós-graduação no departamento de Engenharia de Eletricidade eram fatores preponderantes. Quanto mais se desenhava a possibilidade de capacitação na área digital, mais fortalecida se encontrava a idéia de desenvolvimento de um minicomputador. A possibilidade de envolver a USP na construção de um computador para a Marinha fortaleceu os vínculos mais fracos: a direção da EPUSP se posiciona como um novo aliado e possibilita que o Patinho Feio saia do papel. A rede para a construção do minicomputador se estabiliza.

A construção do Patinho Feio possuía objetivos definidos: fortalecer uma pós-graduação recém-criada e preparar uma equipe capaz de desenvolver projetos na área de sistemas digitais. Eu acredito que estes objetivos foram alcançados, pois o laboratório fortaleceu o seu curso de sistemas digitais, algumas teses foram produzidas e o minicomputador atuou como um equipamento integrante do departamento de engenharia de eletricidade. Todos os relatos apontam o Patinho Feio como colaborador da graduação após 1972. Neste contexto, o Patinho Feio se transformou no cisne citado na reportagem, pois cumpriu o seu papel.

O projeto do Patinho Feio em face do enredamento de diversos atores também conduziu ao fortalecimento de um grupo de trabalho dentro da Escola Politécnica e o fomento de sua pós-graduação. O projeto também contribuiu para a transformação do LSD em departamento dentro do organograma universitário.

“O Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais (PCS) foi fundado em 1991 como resultado do trabalho iniciado pelo grupo do Laboratório de Sistemas Digitais (LSD), criado em 1968. O departamento possui duas vertentes em sua vocação pedagógica. A primeira correspondente à Engenharia Elétrica, ênfase em Sistemas Digitais, é a mais antiga e deriva das raízes do departamento, o qual foi resultante da divisão do antigo departamento de Engenharia de Eletricidade. A segunda é mais recente, tendo sido criada na época de tal divisão, e se refere à Engenharia da Computação.” (POLI, 2001)

Segundo John Law (1992, p. 380), a metáfora da rede heterogênea é uma forma de sugerir que a sociedade, as organizações, os agentes e as máquinas são todos efeitos gerados em redes de certos padrões de diversos materiais, não apenas humanos. Mas somente algumas vezes tomamos consciência das redes que estão por trás e que constituem um ator, um objeto ou uma instituição (LAW, 1992, p. 384). John Law argumenta que se uma rede age como um único bloco ela é substituída pelo efeito que ela produz – uma ação, um verbo; e pelo autor aparentemente único desta ação (LAW, 1992, 385). Desta forma, a descrição da construção do Patinho Feio seguindo a teoria ator-rede permite o seu exame como uma rede – “um conjunto de papéis desempenhados por materiais técnicos mas também por componentes humanos” (LAW, 1992, 384). Este exame é calcado nas relações entre elementos humanos e não-humanos que o constituíram. Por outro lado, ao ser visualizada como um bloco, esta rede é substituída pelo seu aparente efeito, com o qual lidamos todos os dias, e pelo supostamente único ator responsável pelo seu desenvolvimento, como se pode notar no sentido deste título: “A USP constrói o primeiro computador brasileiro” (LSD, 1972). E também se transforma em notícias de jornais:

“Funciona o 1º computador brasileiro”(Folha de São Paulo, 20 e junho de 1972).

“Primeiro computador feito no Brasil, pela USP, faz 30 anos” (o Estado de S. Paulo, 24 de julho de 2002).

“A história nos leva a um negócio interessante. Nós formamos pessoas que hoje estão desenvolvendo coisas interessantes.”(MASSOLA, 2001)

Por fim, gostaria de registrar os vínculos profissionais atuais de alguns atores citados neste trabalho. O professor Oswaldo Fadigas foi diretor da EPUSP e o professor Hélio Guerra, chefe do departamento de eletricidade após a inauguração do Patinho Feio. Segundo o professor Antônio Massola, que é o atual diretor da EPUSP¹³⁴, Edson Fregni e Célio Ikeda fundaram a empresa Scopus, em sociedade com Josef Manarsterski¹³⁵. Segundo Cláudio Mammana (MAMMANA, 2002), um dos principais “cisnes” nos quais o Patinho Feio se transformou foi a

¹³⁴ Em 2001.

¹³⁵ Este último foi integrante do projeto G-10.

Scopus. Após a inauguração do Patinho Feio, Edson Fregni ingressou no doutorado da Universidade de Stanford, nos Estados Unidos. Ao retornar à USP, em 1974, Fregni se envolve com o projeto G-10 por um período curto (DANTAS, 1984, p. 211). A Scopus foi fundada em 1975. Edson Fregni hoje é diretor de informática do Banco Real. Célio Ikeda possui uma empresa de informática. Wilson Ruggiero trabalha com arquitetura de redes. Ele é responsável pelo suporte técnico da chamada internet 2 no Estado de São Paulo. A professora Edith Ranzini é presidente da FDTE. O antigo LSD é hoje o PCS, uma divisão do departamento de Eletricidade e o Patinho Feio está no museu da EPUSP. João José Neto e Maria Alice Varela são professores deste departamento. Paulo Patullo e Lucas Moscato também são professores da EPUSP. Cláudio Mammana e Sílvia Davi Paciornik são professores do Instituto de Física da USP.

Referências.

BAGNOLI, Helena. RODRIGUES, Jaime. **Escola Politécnica: Cem anos de tecnologia brasileira**. Grifo Projetos Históricos e Editoriais. Janeiro, 1994. 176p.

BARROS, Victor Francisco Mammana de – **Entrevista** realizada em 6 de abril de 2001.

CALLON, Michel, Technological Conceptions and Adoption Network: Lessons for the CTA Practitioner. In: RIP, Arie; MISA, Thomas J.; SCHOT, Johan (eds). **Managing Technology in Society**. Pinter 1995. p. 307-330.

CESAR a - Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife. Disponível em <http://www.cesar.org.br/analise/n-27/prim-computador.htm>. Informática Brasileira em Análise. “Primeiro Computador do Brasil nasceu em São Paulo”. Acesso em 13 ago. 2001.

CESAR b - Centro de Estudos e Sistemas Avançados do Recife. Disponível em: http://www.cesar.org.br/analise/n_27/centros.html. Informática Brasileira em Análise. “Conheça os principais centros de pesquisa brasileiros e os primórdios de sua produção científica”. Acesso em 15 mar. 2001.

DADOS E IDÉIAS, Rio de Janeiro: **O G-10 a serviço da pesquisa e ensino no país**, v. 1, no 5, abril/maio 1976, p.36.

DANTAS, Vera. **A guerrilha Tecnológica: a verdadeira história da política nacional de informática**. Rio de Janeiro: LTC-Livros Técnicos e Científicos Ed. 1988. 302p.

DEDALUS – **Banco de Dados Bibliográficos da USP**. Disponível em <http://dedalus.usp.br:4500/ALEPH/por/USP/USP/DEDALUS/START>. Acesso em 2000-2002.

FERREIRA, Maria Alice V. **Entrevistas** realizadas em: 27 de outubro de 2000, 10 de novembro de 2000, 29 de março de 2001.

FREGNI, Edson. **Projeto Lógico da Unidade de Controle de um minicomputador**. 1972. 69 p. Dissertação (mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

_____. **Entrevistas** realizadas em: 15 de fev. de 2002, 21 de fev. de 2002 e 7 de mar. De 2002.

FREIRE, Mário Marques. **Capítulo 6 -Arquitetura Básica de microcomputadores**. 32 pp. Disponível em <http://www.dmi.ubi.pt/~mario/SL-Capitulo-6.pdf>. Acesso em 4 nov 2002.

GOGUEN, Joseph. Social Aspects of Technology and Science. **Notes for the first Meeting**. Technological Determinism. 1998. Disponível em <http://www-cse.ucsd.edu/users/goguen/courses/268D>. Acesso em 19 nov. 2001.

IBGE. **Noções básicas de cartografia**. Disponível em http://www.ibge.gov.br/home/geografia/decar/manual_nocoas/representacao.html. Acesso em 10 out. 2002.

JACOB, Jean Paul. **Entrevista** realizada em 2 de setembro de 2001.

KIDDER, Tracy. **The soul of a new machine**. Back Bay Books. 2000. 293 p.

LANGDON, Glen George. **Computer Design**. San Jose, CA: Computeach Press Inc. 1982. 577 p.

_____. **Entrevistas** realizadas em 31 de agosto de 2001 e 5 de novembro de 2001.

LANGDON, Glen George; FREGNI, Edson. **Projeto de Computadores Digitais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1974. 1977. 2a. Edição. 357p.

LATOUR, Bruno. **Science in action**. Cambridge, Massachusetts: Havard University Press. 1987. 274 p.

LAW, John. **Traduction/Trahison: Notes on ANT**. 1996. published by the Department of Sociology. Lancaster University. Disponível em <http://www.lancaster.ac.uk/sociology/stslaw2.html>. Acesso em 12 abr. 2001.

_____. **Notes on the Theory of the Actor Network: Ordering, Strategy and Heterogeneity**. System Practice. Vol. 5, Nº 4, 1992. p. 379-393.

LEWIS, G. N.; RANDALL, M. **Thermodynamics**. Edição revista e ampliada por PITZER, K. S.; BREWER, L. MacGraw-Hill Book Company, Inc. 1961.

Apud MAMMANA, Cláudio Z. Uma teoria da tecnologia. **Revista USP**, p. 13-22, set./out./nov. 1990.

LSD. **A USP constrói o primeiro computador brasileiro**. São Paulo: Laboratório de Sistemas Digitais. Departamento de Engenharia de Eletricidade. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. 1972.¹³⁶

_____. **Laboratório de Sistemas Digitais**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Eletricidade. 1980. 49 p.

MCT. Legislações. **Ministério da Ciência e Tecnologia**. Disponível em http://www.mct.gov.br/legis/decretos/719_69.htm. Acesso em: 12 nov. 2001.

MAMMANA, Cláudio Z. – **Entrevistas** realizadas em: 6 de abril de 2001, 28 de setembro de 2001, 6 de novembro de 2001 e 22 de março de 2002.

MASSOLA, Antônio M. de Aguirra – **Entrevista** realizada em 6 de abril de 2001.

MASSOLA, Antônio M. de Aguirra; NETO, João José; BAIN, Moshe. **Montador do Patinho Feio**. São Paulo: Laboratório de Sistemas Digitais. Escola Politécnica. Universidade de São Paulo. Julho, 1977.

¹³⁶ Data provável de edição.

MORAES, Raquel. **Informática, educação e História no Brasil**. Disponível em <http://www.pedagogia.pro.br/informatedu2.htm>. Acesso em 12 de outubro de 2001.

MOSCATO, Lucas Antônio. **Entrevista** realizada em 8 de setembro de 2001.

NETO, João José. **Entrevistas** realizadas em: 3 de abril de 2001, 12 de abril de 2001 e 2 de setembro de 2001.

O Peso da Reserva. **Dinheiro ONLINE**. Nº. 123. Disponível em <http://www.terra.com.br/dinheironaweb/123/mileniotecnologiabox.htm>. Acesso em: 14 ago. 2001.

OLIVEIRA, Raymundo de. **Informática e Constituinte**. 1983. 25 p.

On-line PDP- **Um sistema PDP-8 on-line**. 8. Disponível em <http://www.pdp8.net>. Acesso em: 10 dez. 2001.

PCS - **Histórico do Curso de Engenharia da Computação**. Disponível em <http://www.pcs.usp.br/~www-coop/hcomp.html>. Acesso em: 15 mar. 2001.

PDP-8 frequently asked questions. Disponível em <http://www.faqs.org/faqs/dec-faq/pdp8>. Acesso em: 5 mai. 2002.

PINTO, Theophilo Augusto. “**Paraphernalia Tropicalis – Uma história brasileira II**”. PlayMusic nº. 37. Editora Zardo. São Paulo. 2000. pp. 69-71.

_____. **Transformações da produção musical brasileira vinculada a instrumentos eletrônicos**. Escola de Comunicação e Artes/USP. Centro de linguagem musical. Disponível <http://www.pucsp.br/~cos-puc/clm/forum/sumario.htm#>. Acesso em 10 de mai. de 2002.

POLI Notícias. Órgão de Divulgação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo. Abril/Maio. 2001. Número 94.

PRODEB. Companhia de Processamentos de Dados do Estado da Bahia. Curiosidades. Disponível em <http://www.prodeb.gov.br/p-historico.htm>. Acesso em 20 de fev. 2001.

PURA. **Programa de Uso Racional da Água na USP**. Disponível em http://www.ime.usp.br/~dantas/projeto_pura/Comunicado_01_unidades_2000.doc. Acesso em 30 de jun. 2002.

RANZINI, Edith. **Entrevistas** realizadas em: 30 de outubro de 2000, abril de 2001 e 5 de setembro de 2001.

_____. **Entrevista** realizada por Bernadete Pirozi.

ROZENTHAL, David; MOREIRA, Inaldo Lima Moreira. A Política Nacional de Informática “Original”: Supostos, objetivos e instrumentos. In: ROZENTHAL, David; MEIRA, Sílvia Lemos. **Os primeiros 15 anos da Política Nacional de Informática: O paradigma e sua implementação**. Recife: CNPq/ProTem-CC. 1995. P. 13-70.

ROZENTHAL, David. A PNI “Original”: 15 anos de implementação. In: ROZENTHAL, David; MEIRA, Sílvia Lemos. **Os primeiros 15 anos da Política Nacional de Informática: O paradigma e sua implementação**. *Op. cit.* p. 193-286.

RUGGIERO, Wilson Vicente. **Projeto de um processador microprogramado**. 1975. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade do Estado de São Paulo, São Paulo.

SANTOS, Maria Cecília Loschiavo dos, **Escola Politécnica da Universidade de São Paulo: 1894 – 1984**. São Paulo: Reitoria da Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Fundação para o Desenvolvimento Tecnológico da Engenharia. 1985. 668p.

SCOPUS. **Scopus Tecnologia SAA** Disponível em <http://www.scopus.com.br>. Acesso em 29 de nov. de 2002.

SHIMIZU, Egmont Y. **Entrevistas** realizadas em: 27 de fevereiro de 2002, 13 de março de 2002 e 14 de março de 2002.

STOLFI, Guido. **Entrevistas** realizadas em 27 de fevereiro de 2002 e 13 de março de 2002.

Anexos.

Anexo I.

O documento a seguir é a resolução do trabalho final da cadeira de arquitetura de computadores (projeto de sistemas digitais). Este curso, realizado em 1971, foi ministrado por Glen Langdon, professor convidado pela Escola Politécnica da USP. Esta resolução foi feita por Cláudio Zamitti Mammana, Sílvio Paciornik e Wilson de Pádua. Este talvez seja o único documento sobre as resoluções dos trabalhos finais e, segundo Edson Fregni, se tornou a base da arquitetura do Patinho Feio.

PEL-727

L.C. E-W

SILVIO DAVI MACIORNIK
WILSON DE PAIVA PAULA FILHO
CLAUDIO ZANETTI MATTMANA

ARQUITETURA DE UM SISTEMA DIGITAL COM MEMÓRIA FI-2
DE 8 BITS POR 1024 PALAVRAS.

1. Detalhes

- a - Palavra - binária, 8 bits, complemento para aritmética inteira
- b - Instrução - 2 palavras / instrução
4 bits de código de operação
16 instruções diferentes
1 endereço ou 0 endereço
- c - Endereçamento - Direto e indireto (existe um registrador de índice que é posição 0 (2010) da memória)
- d - Aritmética - Soma e subtração com complemento para 2 com 1 acumulador de 8 bits.
(Pode ser adquirida opção de multiplicações e divisões)
- e - Memória Básica 1024 palavras de 8 bits
Opção - até 2k.

2. Fluxo de dados (ver anexo)

3. Formato da Instrução

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15

Código de operação Endereçamento Endereçamento

DESCRIÇÃO DAS INSTRUÇÕES

a. Referência à memória.

Abreviação	Descrição	Operação
1 CAGA	Carga A	$(A) \leftarrow [(RI)_{16}, (RD)_{16} + (QO)]$ $(A) \leftarrow [END_{ef}]$
2 ARMA	Armazena A	$[END_{ef}] \leftarrow (A)$
3 SOMA	Soma com A	$(A) \leftarrow (A) + [END_{ef}]$
4 SUBA	Subtrai de A	$(A) \leftarrow (A) - [END_{ef}]$
5 PULI	Pula incondicional	$(CI) \leftarrow END_{ef}$
6 PULP	Pula se $A > 0$	$(CI) \leftarrow END_{ef}$ se $A > 0$ $(CI) \leftarrow (CI) + 2$ se $A \leq 0$
7 PULN	Pula se $A < 0$	$(CI) \leftarrow END_{ef}$ se $A < 0$ $(CI) \leftarrow (CI) + 2$ se $A \geq 0$
8 SUPD	Soma 1 e pula	$[END_{ef}] \leftarrow [END_{ef}] + 1$ $(CI) \leftarrow (CI) + 2$ se $[END_{ef}] \neq 0$ $(CI) \leftarrow (CI) + 4$ se $[END_{ef}] = 0$
9 PULG	Pula e guarda	$[END_{ef}] \leftarrow (CI)_{0,1}$ $[END_{ef} + 1] \leftarrow (CI)_{2,3}$ se $O = 0$ $(CI) \leftarrow END_{ef} + 2$ se $O = 1$ $(CI) \leftarrow END_{ef} + 4$ se $O = 2$ <i>se $O = 0$ guarda para o registrador de endereço de instrução</i>
10 DUHA	Da lógica	$(A) \leftarrow (A) \vee [END_{ef}]$

b. Shift, Entrada e Saída, Genéricas.

11 XGPR	Shift A	1/ Direta ou específica, conforme bit 4
12 ENGA	Reservado para entrada e saída	
13 DEUS	Genral- Reservado p/ outras instruções	e.g. PARA (halt) e PICS (NOT)
16 SALG	Salto genérico	e.g. SALE (Salto se transbordar)

Opções especiais

14 MULA	multiplica por A
15 DILA	divide A pelo operando especificado.

JUSTIFICATIVAS

1. BINÁRIO: Por ser mais econômico e por aproveitar completamente o poder de codificação da memória binária.
2. COMPROMISSO PARA 2: Simplicidade de implementação mais rápida.
3. ENDEREÇAMENTO ABSOLUTO: É conveniente o acesso a toda a memória com apenas 8 bits de instrução, foi necessário obrigados a recorrer a memórias auxiliares (como ponteiros específicos para cada segmento indireto ou registradores especiais). A fim de o uso de 2 palavras (16 bits) para representar as instruções e com isso foi possível o endereçamento direto (usando 10 a 16 bits), decidimos essa que facilita a implementação do SOFTWARE (assembler e loader). Foi reservado 1 bit para permitir a duplicação da memória (até 2K).
4. ENDEREÇAMENTO INDEXADO: A disponibilidade de bits na instrução permite a referência a um registrador indexador, aumentando a potência do sistema de endereçamento da máquina.
5. CONJUNTO DE INSTRUÇÕES: Sendo pouca a memória, é conveniente uma maior potência da CPU (1024 bytes são insuficientes para cálculos relativamente complexos, como simulação de ponte flutuante de função, como EXP, SQRT etc.

OBSERVAÇÕES. Seria conveniente que o código de operação da instrução PULI (salto incondicional) fosse 0, pois no retorno de uma subrotina, o desvio para o programa principal, seria feito por meio de um salto à posição alterada pela instrução PULG (equivaleria a um salto indireto) a qual conteria a instrução PULI para o ponto de retorno. O código da instrução PULI a uma posição X coincidiria com o endereço absoluto da posição X.

Excelente

Indexador e "PULI" com "PULG" - boas ideias
Um bom projeto.

10

