

PERT e CPM Aplicados às Obras da COMASP

Eng. CYRO BERNARDES (*)

Departamento de Planejamento da Companhia Metropolitana
de Água de S. Paulo — COMASP

1 — INTRODUÇÃO

Os modernos métodos de planejamento e programação, especialmente os denominados pelas siglas de PERT e de CPM, estão sendo hoje normalmente empregados em obras, tanto assim que não mais se concebe iniciar uma construção sem que faça parte do projeto um grafo e o programa calendário, acompanhando o memorial descritivo e as peças gráficas.

Porém, o emprêgo dessas técnicas, só dá resultados positivos quando existe o suporte de um sistema operacional englobando diferentes unidades administrativas, dentro e fora da Empresa.

Muito importante pois, é a organização e a operação desse Sistema, que chama a si a responsabilidade de planejar e programar o andamento das obras e de uma forma dinâmica, controlar os desvios observados durante toda a execução, indicando medidas corretivas para que essas obras sejam terminadas nos prazos estabelecidos e de acordo com os orçamentos previstos.

Dentro do contexto acima, incumbida da realização de vultosas obras destinadas ao reforço do abastecimento de água dos Municípios da Grande São Paulo, a COMASP estruturou uma unidade de planejamento, constituindo um subsistema, com a responsabilidade de organizar e orientar a operação do Sistema.

Assim sendo, este trabalho tem o fim de divulgar a estratégia empregada na organização desse conjunto bem como a sua operação, exemplificada com a aplicação de CPM a um lote de obras, sem entrar em detalhes sobre as Técnicas do Caminho Crítico, que já são bem conhecidas de todos.

2 — ORGANIZAÇÃO DO SISTEMA OPERACIONAL

2.1 — SISTEMÁTICA: O desempenho do Sistema Operacional mencionado, será satisfatório se for tecnicamente organizado e operado, depois de uma análise cuidadosa de seus objetivos e meios para alcançá-los.

A abordagem dessa problemática foi feita na COMASP considerando as modernas técnicas de planejamento de obras, como meio de prestar "serviços", cujo "produtor" é uma unidade administrativa, constituindo um subsistema e como "consumidores" outras unidades da Empresa, estruturadas também como subsistemas que, por estarem ligadas a projetos e obras, utilizam-se dos serviços e fornecem os chamados "estímulos" para a nova produção de serviço, num processo regenerativo (feed back).

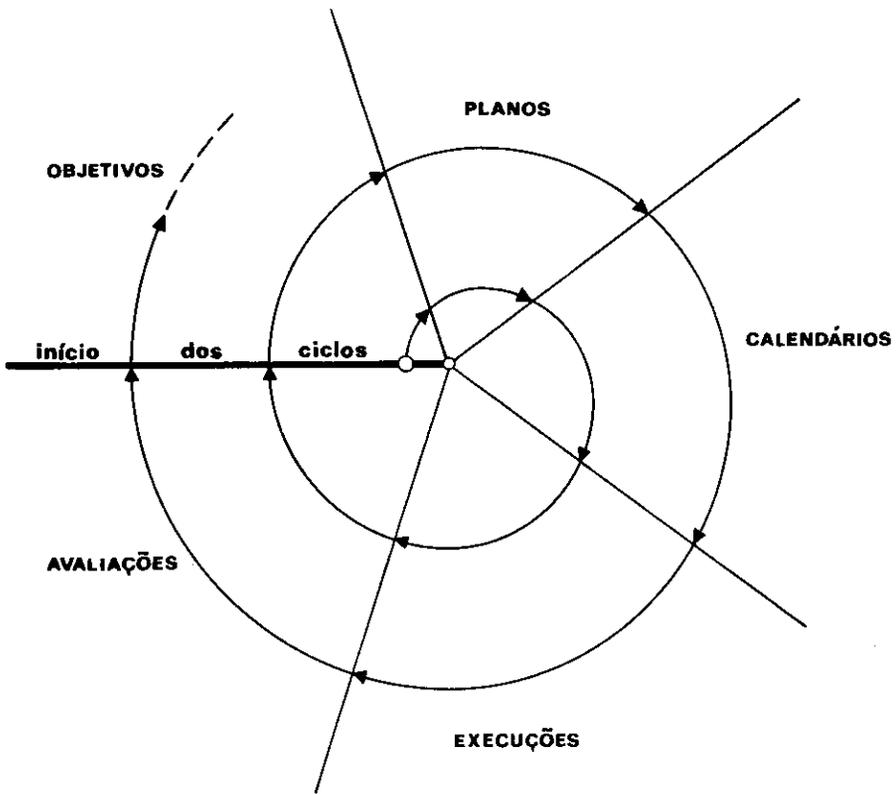
Considerando o subsistema, como "produtor de serviços", a ele podem ser aplicados os princípios de engenharia de produção e conseqüentemente analisar-se

os métodos de execução mais adequados, atribuir tarefas para perfazer os trabalhos, esquematizar os processos por meio de fluxogramas, e a partir desse conjunto, determinar-se os recursos necessários.

Com isso, ficam especificadas a qualificação e quantidade de operadores e suas necessidades em espaço e em equipamentos. Resta estabelecer normas de procedimento e treinar o pessoal especializado.

Mesma estratégia deve ser aplicada aos subsistemas "consumidores", para disciplinar o uso das informações recebidas e fornecidas.

Pensamos facilitar a visualização das técnicas para organizar e operar o sistema e subsistemas, através do conhecido modelo, geral para as atividades humanas, que integra as ações de planejar, programar, executar e controlar, porém ampliado e com um arranjo mais dinâmico.



MODELO DE ATIVIDADES

Fig. 1

2.2 — MODELO: Está representado no desenho da figura n.º 1, no qual cada um dos cinco setores significa uma fase de realização, em seqüências lógicas, iniciadas em um ponto que representa o momento no qual é decidida uma ação genérica.

Dada a partida, são examinados os objetivos que se pretende alcançar, em seguida feitos os planos e decidida a alternativa mais conveniente, passando-se às datas do calendário, com base nos prazos e durações programadas.

O passo seguinte é a execução do planejado, que poderá ser apenas uma simulação, terminando o ciclo com a avaliação dos resultados alcançados.

Nôvo ciclo se inicia então, verificando-se se os objetivos são adequados à nova realidade ou se essas metas sofreram alteração ou mesmo se tornaram irrelevantes.

Esses ciclos são representados por arcos orientados que formam uma espiral, a qual dá idéia que o processo se repete sem voltar ao ponto de partida, cada vez mais rico de informações adquiridas no caminho percorrido, abrangendo campos cada vez maiores e sem delimitações, no tempo e no espaço.

O importante é que o modelo, sendo geral e dinâmico pode ser permanente e independentemente aplicado ao esquema de ação do sistema, as Técnicas do Caminho Crítico e em decorrência dêste, aos métodos de trabalho.

Como o Sistema estruturado na COMASP também é dinâmico, deve ser considerado que continua percorrendo a espiral, se desenvolvendo e aperfeiçoando para se manter em equilíbrio com os estímulos externos, única forma de desempenhar o que dêle é esperado.

2.3 — ESQUEMA DE AÇÃO: Mostraremos aqui a estratégia adotada para esquematizar a *organização e operação do Sistema*, utilizando para isso o modelo proposto.

OBJETIVO: Iniciaremos pois os ciclos do modelo, considerando como objetivo, a criação e manutenção de um sistema voltado para o andamento de obras, e para isso planejando, programando e controlando prazos de execução.

PLANO: Adotada esta premissa como válida, passa-se a sua análise considerando em primeiro lugar: qual a técnica a ser empregada e em decorrência dela, quais os métodos de trabalho, as tarefas para perfazê-las e os recursos necessários, constituindo assim o plano. Entre os métodos modernos de programação de obras, a COMASP concluiu ser o conhecido por CPM, a alternativa mais conveniente, pois as obras são típicas e portanto com durações conhecidas, o que torna desnecessário introduzir a variância e os três dispêndio de tempo como são considerados no PERT. Porém não se deve concluir que êste último não seja utilizado, pois êle se aplica especialmente na elaboração de um primeiro grafo de obra em fase de estudo e portanto com poucos detalhes.

As técnicas que abreviadamente chamamos de CPM, conduzem a um método de trabalho. Basicamente êle se compõe de uma parte que resumiremos em: obter informações, elaborar os grafos e datas calendário e fornecer informações à obra. A outra parte, complementar à primeira, engloba: receber informações, instruir o andamento da obra, comparar o desejado com o realizado e informar êsse resultado. Essa dicotomia já leva à idéia de separação em sub-sistema.

CALENDÁRIO: Elaborado êste primeiro plano, será feito o programa de seu desenvolvimento no tempo, disciplinando através de datas calendário.

Não se pode começar tudo ao mesmo tempo, e por isso o modelo de desenvolvimento em espiral, expandindo em ciclos sucessivos, conceitua a forma de crescimento do Sistema Operacional, partindo de um início modesto e ampliando-se continuamente.

EXECUÇÃO: Planejadas pois em detalhes, são então alocados recursos ou mais especificamente, pessoal e meios de trabalho como por exemplo o espaço físico. É a fase de execução.

AVALIAÇÃO: Analisa-se então a estrutura montada e a sua performance dentro do conjunto da Empresa.

Aparecerão necessidades não satisfeitas e distorções, postas a mostra nessa avaliação. Serão as bases para reformulações a serem feitas nos próximos ciclos, considerando-se êste já terminado.

Passada a fase inicial que consideramos como nascimento, a experiência indicará que, para crescer com ordem será necessário estabelecer Normas de Procedimentos para disciplinar as interações e evitar choques dentro da empresa.

2.4 — CONCEITUAÇÃO DE PRODUTO: Os grafos e listagens materializam os serviços e conseqüentemente são os “produtos” que as unidades “consumidoras” se utilizam e portanto *devem estar acôrdo com suas necessidades e expectativas.*

As unidades consumidoras são os executantes das obras e para isso utilizam-se também de um outro produto, os desenhos. Estes destinam-se a construir nas três dimensões e partindo daí, arriscaríamos a dizer que, grafos e listagens com datas e folgas são os elementos para a execução, considerada na quarta dimensão, o tempo.

É truísmo falar em executar obras (em três dimensões) somente após ter os projetos em mãos, porém não está difundida ainda a idéia de executar obras somente tendo também o plano no tempo (quarta dimensão) que é afinal o projeto do “quando”.

Por isso os “consumidores” na maior parte das vezes estão ainda em potencial. Impor o “consumo” é contraproducente, melhor é a promoção do produto, motivando a seu uso pela divulgação dos benefícios que traz e como pode servir para atender uma necessidade que dia a dia se torna mais importante; a de cumprir prazos.

Tôdas as obras complexas, especialmente os aproveitamentos de recursos hídricos são realizadas tendo por base um estudo de viabilidade, que inclui um ante-projeto, seguido de um projeto básico e um projeto executivo ou seja um nível de detalhe que aumenta cada vez mais.

Acompanhando êsse desenvolvimento do projeto e obras, os CPMs também aumentam em nível de detalhes, seguindo pois o conceito de ampliação, sugerido pela espiral do modelo.

É importante compreender que mesmo numa fase de planejamento se pode ter vários PERTs ou CPMs, ainda bastante resumidos e com durações de atividades expressas em unidades de meses mas que podem ser utilizados numa primeira avaliação, seja pela entidade encarregada do projeto, seja pela alta administração, no exame de alternativas. São os primeiros usuários do produto.

Quando o projeto é entregue à obra para ser executado, o CPM tem as durações das atividades expressas em dias e são então considerados os recursos humanos e materiais a serem empregados em cada etapa de construção. É o que necessita a Fiscalização para acompanhar a obra.

Ao mesmo tempo são avaliados mês por mês quais os recursos financeiros necessários. É o que deseja saber a administração financeira.

Portanto o produto deve satisfazer as necessidades de cada usuário.

2.5 — TÉCNICAS DO CAMINHO CRÍTICO: Considerando grafos e listagens como produtos, as Técnicas do Caminho Crítico são os métodos para perfazê-los. Mostraremos aqui a sua identificação com o modelo já descrito, seja para o CPM, seja para o PERT, êste mais sofisticado.

Assim, partindo do objetivo “programar de acôrdo com os elementos disponíveis”, chegamos ao “plano”, que é a elaboração dos grafos. Êste não deve ser único, porque então não existiriam alternativas a escolher. Determinado o mais conveniente, passamos ao terceiro setor, onde se listam as datas-calendário.

A execução, no primeiro ciclo pode ser uma simulação na qual se consideram as restrições cronológicas impostas para a execução das obras, especialmente a mais importante que é a data de término.

No último setor, a avaliação é feita em nível de projetistas ou de alta administração.

Nos ciclos seguintes, quando aumenta o nível de detalhes, o método não muda, até atingir um ponto onde o cálculo manual consome grande número de horas de trabalho, o erro torna-se mais freqüente e sobretudo aparece a necessidade de se ter várias listagens diferentes, ordenadas por seqüências de datas ou de folgas ou então separadas por áreas de responsabilidade de cada executante.

É o momento que o método se altera, pois torna-se conveniente processar em computador, utilizando os programas (soft ware) elaborados pelos próprios fabricantes e disponíveis nos "bureau de serviços" que alocam horas de máquinas.

O processamento torna-se mandatório quando se introduz a utilização de recursos e indispensável num estágio ainda mais refinado, quando se prevê mês por mês qual será o estágio físico das obras e os recursos financeiros necessários.

Em cada ciclo, foi definido um setor de "avaliação", no qual é comparado o previsto com o real. Para suas obras, a COMASP estabeleceu esse período aproximadamente em um mês. Portanto, cada trinta dias, com base nos relatórios de saída do computador obtidos no mês anterior, são controladas as obras executadas e o resultado serve de entrada para novo processamento.

2.6 — FLUXO E PADRONIZAÇÃO DO PROCESSO: Para executar o trabalho de acordo com o método é necessário definir tarefas, constituindo assim o processo.

Análise do processo é feita na COMASP com o auxílio de fluxogramas, utilizando os cinco símbolos padrão da A. S. M. E.

Definido o fluxo mais adequado, o passo seguinte é a sua padronização, através de normas escritas.

3 — ORGANIZAÇÃO DE SUB-SISTEMAS

3.1 — SUB-SISTEMAS DE PROGRAMAÇÃO: Dentro do sistema operacional a experiência mostrou a conveniência de criar subsistemas administrativamente separadas.

A dicotomia de tarefas na Técnica do Caminho Crítico mostrada no item 2.3, levou à separação administrativa, em que uma unidade presta serviços e as outras utilizam-se desses serviços, conforme descrito no item 2.1. O tratamento é comparável a de uma unidade de projeto, que fornece desenhos para a fiscalização executar a obra.

Compete a esta última construir de acordo com o projetado e a fornecer informações e sugestões, complementando ela mesma os detalhes necessários. Isto é válido nas quatro dimensões faladas anteriormente.

Assim exposto, dentro da unidade de Planejamento foi estruturado uma Seção de Programação, para perfazer as tarefas de colher informações, elaborar grafos e tabelas-calendário, fornecendo-os às obras com instruções para seu uso.

Na COMASP, atendendo ao fato que a unidade administrativa de programação deve servir a todas as Diretorias da Empresa e dela receber informações, foi ela subordinada diretamente à Presidência, como um órgão de staff.

3.2 — SUB-SISTEMA DE ACOMPANHAMENTO: A idéia fundamental é criar em cada canteiro de obra, que na COMASP é chamado de Residência, um sub-sistema de acompanhamento, na mesma equipe que fiscaliza as execuções das obras.

Portanto suas tarefas serão de: determinações para que seja executado conforme programado, avaliações do realizado com o esperado e fornecimento de informações, as quais constituirão o feed back no Sistema Operacional.

4 — APLICAÇÃO A UM LOTE DE OBRAS

4.1 — A magnitude das obras da COMASP, denominadas “Sistema Juqueri” é avaliada simplesmente considerando que irá captar, aduzir e tratar 30 m³/s de água, ou seja mais que o dôbro que atualmente a Grande São Paulo recebe, e que só a estação de recalque consumirá uma vez e meia a energia elétrica fornecida à cidade de Campinas.

Exemplificaremos a aplicação das Técnicas do Caminho Crítico na programação de um lote dessas obras, denominado “Reprêsa do Rio Juqueri”, composto em essência de:

- Barragem do Rio Juqueri
- Ponte sôbre o Ribeirão Santa Inês
- Estrada de rodagem, trecho da barragem até Mairiporã
- Esgôto sanitário de Mairiporã
- Desmatamento da bacia.

O tipo dessas obras obedecem a características comuns a outras já construídas no país e, portanto, são de execução bem conhecidas.

Por isso utilizamos o método CPM, com apenas uma duração por atividade. Não se cogitou do PERT, por ser êste mais indicado para tarefas pioneiras e com características executivas não bem conhecidas.

Tal como todo grande projeto, a Reprêsa do Rio Juqueri não é de início dimensionada em tôdas as suas minúcias, mas sim, partindo do traçado de grandes bases, é paulatinamente detalhada mais e mais, à medida que as obras progridem.

O planejamento e programação também seguem êsse caminho, começando com grandes tarefas cuja unidade de duração é o mês, e à medida que aumenta o nível de detalhes se chega à unidade dia e, em casos especiais, a atividades com duração de horas.

O primeiro CPM foi calculado manualmente. Quando o detalhamento do projeto elevou o nível de detalhes, foi feita uma codificação de atividades, de acôrdo com uma árvore de código, geral para tôda a Empresa e processou-se em computador IBM 1130, utilizando-se o programa denominado P.C.S. (Program Control System).

O computador é tanto mais utilizável quanto maior o número de atividades. Os outros três lotes de obras somam com êste, quase 2.000 tarefas. Quando as obras do Sistema Juqueri estiverem no seu ritmo máximo, são estimadas mais de 4.000 atividades, o que mostra só ser possível o seu contrôle através de um sistema de processamento de dados.

Para se ter idéia de como as obras, fisicamente separadas são interligadas por algumas atividades e, portanto, o atrazo em uma construção altera as outras e logicamente repercute em todo o conjunto, vamos aqui resumir o seguinte:

Para execução da barragem, há necessidade de construir uma enscadeira, desviando o Rio Juqueri através de um túnel descarregador de cheias cavado na rocha.

Mas o desvio do Rio só poderá ser feito depois de terminado o dissipador de energia, a ser construído, a juzante dêsse túnel, e dependendo de ensaios em modelo reduzido. Êsse fechamento traria como consequência a elevação do nível do Rio Juqueri e a inundação de uma área que portanto deveria estar desaproprada e desmatada.

Por outro lado esse fechamento deveria ser feito no início da época das sêcas, para entre outros motivos o de poder executar o maciço da barragem durante um período com poucas chuvas, a fim de permitir o controle da umidade para a compactação do solo.

Outra interferência era com as fundações da ponte sobre o tributário do Rio Juqueri, o Ribeirão Santa Inês, atingidas pelo remanso, as quais deveriam estar prontas por ocasião do fechamento do Rio pela ensecadeira.

Antes de concluir as obras, tem-se ainda uma data, início do enchimento da represa cuja duração dependerá das chuvas e época do ano que o Rio Juqueri for definitivamente barrado.

Nessa data, a estrada Mairiporã/barragem deverá estar pronta pois a atual, conservada pelo DER, ficará submersa logo que as águas começarem a subir. Concomitantemente, todas as desapropriações deverão estar concluídas. Por último, a data final das obras da represa, deverá coincidir com a data de término da estação elevatória, túneis e estação de tratamento de água, estas últimas pertencentes aos outros lotes mas dentro do mesmo sistema de abastecimento de água.

Essas considerações mostram bem como é importante a programação global das obras e como se amplia no tempo, conforme procuramos ilustrar com os CFMs da figura 2, na qual é exemplificado o aumento do nível de detalhes.

5 — CONCLUSÃO

Neste artigo, procuramos expor duas idéias fundamentais e genéricas bem como um conceito aplicável à programação.

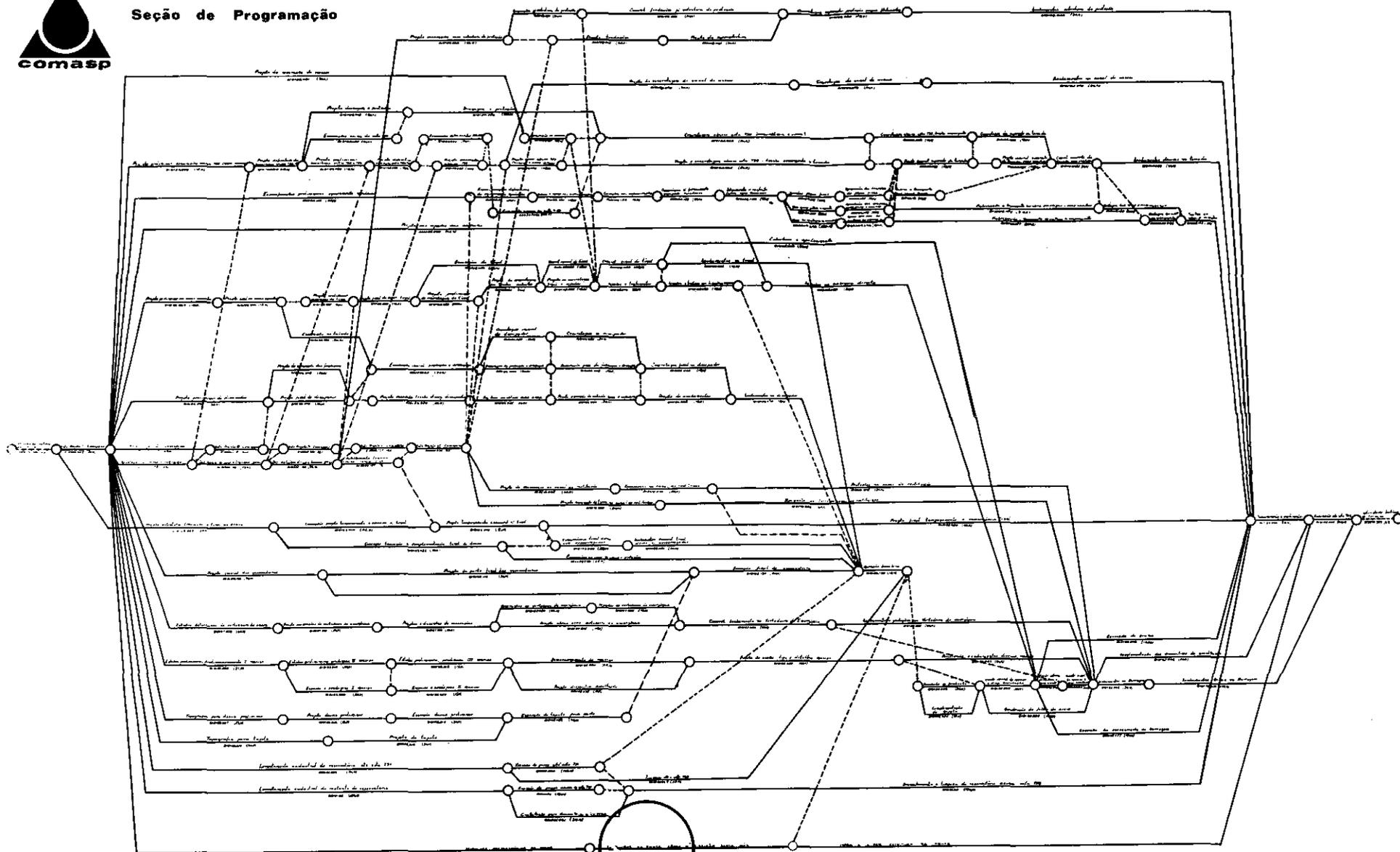
A primeira idéia é que, sempre se pode e deve programar o desenvolvimento no tempo de qualquer sistema de atividades, mesmo que ele esteja no seu início e com poucos elementos informativos.

A segunda é que, um programa não é imutável mas essencialmente dinâmico, pois destina-se a orientar um sistema submetido a forças variáveis no tempo, procurando o equilíbrio com elas e para isso se transformando continuamente, tentando se adaptar às condições cambiantes.

Dentro dessas duas idéias, a Técnica do Caminho Crítico é uma das ferramentas para executar um desenvolvimento programado.



Seção de Programação



REPRESA DO RIO JUQUERÍ

