



PUC

ISSN 0103-9741

Monografias em Ciência da Computação
nº 29/92

Modelagem da Essência de um Sistema de Controle para Área de Linhas de Engarrafamento

Suma

Ellens Barbosa
Bruno Maffeo

Departamento de Informática

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
RUA MARQUÊS DE SÃO VICENTE, 225 - CEP 22453-900
RIO DE JANEIRO - BRASIL**

PUC RIO - DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

ISSN 0103-9741

Monografias em Ciência da Computação, Nº 29/92

Editor: Carlos J. P. Lucena

Novembro, 1992

**Modelagem da Essência de um Sistema de Controle para uma
Área de Linhas de Engarrafamento***

Ellens Barbosa

Bruno Maffeo

* Este trabalho foi patrocinado pela Secretaria de Ciência e
Tecnologia da Presidência da República Federativa do Brasil.

In charge of publications:

Rosane Teles Lins Castilho

Assessoria de Biblioteca, Documentação e Informação

PUC Rio — Departamento de Informática

Rua Marquês de São Vicente, 225 — Gávea

22453-900 — Rio de Janeiro, RJ

Brasil

Tel. +55-21-529 9386

Telex +55-21-31048

Fax +55-21-511 5645

E-mail: rosane@inf.puc-rio.br

techrep@inf.puc-rio.br (for publications only)

Modelagem da Essência de um Sistema de Controle
para uma
Área de Linhas de Engarrafamento

Ellens Barbosa

Bruno Maffeo*
(e-mail : maffeo@inf.puc-rio.br)

PUCRioInf - MCC 29/92

Abstract - This work constitutes an application of conceptual tools and techniques for semi-formal modelling aiming at the construction of the Essential Model of a real-time system for monitoring and controlling a bottling lines area. It employs extensions, proposed for the treatment of real-time systems, to widely used tools and techniques for the conceptual modelling of conventional socio-technical systems. These extensions were introduced in order to cope rigorously with the aspects related to a complex systems dynamics while assuring an easily understandable conceptual model.

Keywords - systems modelling, real-time systems, process control systems, semi-formal modelling, conceptual modelling, Essential Model, Context Model, Behavioural Model.

Resumo - Este trabalho constitui uma aplicação de ferramentas conceituais e técnicas de modelagem semi-formal para construção do Modelo da Essência de um sistema de tempo-real para monitoração e controle de uma área de linhas de engarrafamento. Utiliza extensões, para o caso de tempo-real, de ferramentas e técnicas largamente empregadas na modelagem conceitual de sistemas sócio-técnicos convencionais. Tais extensões visaram a representação de aspectos relacionados a uma dinâmica complexa e à elaboração de um modelo conceitual rigoroso mas de fácil entendimento.

Palavras-chave - modelagem de sistemas, sistemas de tempo-real, sistemas para controle de processos, modelagem semi-formal, modelagem conceitual, Modelo da Essência, Modelo do Contexto, Modelo do Comportamento.

*Trabalho financiado pela Secretaria de Ciência e Tecnologia da Presidência da República do Brasil.

Sumário

1. Introdução	01
2. Modelo da Essência do SICLEN	06
2.1. Modelo do Contexto	06
2.1.1. Seção Detalhada	06
2.1.1.1. Definição do Sistema	06
2.1.1.1.1. Descrição de Objetivos	06
2.1.1.1.1.1. A Nível Estratégico	06
2.1.1.1.1.2. A Nível Tático	06
2.1.1.1.1.3. A Nível Operacional	06
2.1.1.1.2. Descrição Sumária	07
2.1.1.1.3. Descrição da Operação-Restrições-Eventos Associados	08
2.1.1.2. Lista de Eventos Externos - Estímulos Associados	12
2.1.1. Seção Esquemática	14
2.1.2.1. Esquema Transacional	14
2.1.2.2. Esquema Semântico	15
2.1.2.3. Esquema da Dinâmica	16
2.1.3. Tabela de Verificação de Consistência	17
2.2. Modelo do Comportamento	18
2.2.1. Modelo de Atividade	18
2.2.1.1. Seção Esquemática	18
2.2.1.1.1. Esquema das Atividades Essenciais	18
2.2.1.1.2. Organização Hierárquica das Atividades Essenciais	19
2.2.1.2. Seção Detalhada	20
2.2.1.2.1. Seção de Definições Globais	20

2.2.1.2.2. Descrição Detalhada das Atividades Primitivas	20
2.2.1.2.2.1. Lista de Pré/Pós-Condições	20
2.2.2. Modelo de Informação	42
2.2.2.1. Seção Detalhada	42
2.2.2.1.1. Seção de Definições Globais	42
2.2.1.2. Dicionário de Dados	43
2.3. Tabela de Verificação de Consistência	65
3. Conclusão	66

1. Introdução

Muito utilizados atualmente, sistemas de tempo-real (STR) têm presença cada vez mais significativa em nosso cotidiano. Há, inclusive, inúmeras situações em que vidas humanas deles dependem: controles de reatores nucleares, de espaço aéreo e de mísseis balísticos, pilotos automáticos em aviões e automóveis, sinais de trânsito "inteligentes", detectores de incêndios etc. Esses sistemas aliam, à necessidade de atender a requisitos de desempenho, acurácia e segurança freqüentemente bastante exigentes, uma usualmente elevada complexidade intrínseca do problema a ser resolvido. Assim sendo, a especificação de requisitos para essa classe de sistemas desempenha um papel crítico no processo de desenvolvimento. É sabido que erros cometidos na fase de elicitação e especificação de requisitos têm sido responsáveis por um grande número de falhas [1,2] e acidentes [4,5]. Além disso, após a entrada do sistema em operação, a correção de erros cometidos nessa fase pode custar cerca de duzentas vezes mais do que a correção de erros introduzidos em fases posteriores do ciclo de vida do sistema [3,20,21].

A relevância de STRs é provavelmente mais acentuada quando são usados para controle de processos, isto é, quando trata-se de sistemas que controlam fenômenos físicos em ambientes de porte e complexidade arbitrariamente grandes. Tais sistemas, usualmente fazendo parte de sistemas mais abrangentes (fábricas, navios, aviões, mísseis, naves espaciais etc.), dão suporte à tomada de decisões de operadores humanos ou à adoção de alguma alternativa de processamento de dispositivos externos. Em todos os casos, uma especificação de requisitos correta, completa e não ambígua é peça primordial do processo de desenvolvimento.

O uso de modelos conceituais [19], invariantes em relação a possíveis alternativas de implementação, tem demonstrado adequação ao propósito de analisar, especificar, comunicar e documentar o conjunto de requisitos funcionais para sistemas dessa classe [8,9].

O Modelo da Essência [8,13] apresentado neste trabalho procura auferir as vantagens de tal abordagem, a qual, por utilizar ferramentas conceituais e técnicas de modelagem semi-formais [7,8,9,11,12,13], é bastante apropriada para uma fase exploratória referente à definição do problema (Modelo do Contexto) e à proposta de uma solução abstrata (Modelo do Comportamento). A definição rigorosa do problema resulta da adoção de diversas perspectivas que enfocam o ambiente externo ao sistema [12,13]. Essas perspectivas dão origem a diferentes submodelos, cada um expresso através de linguagem de representação de fácil entendimento, que permitem a usuários não-especialistas em computação entender e validar o conjunto de necessidades a serem atendidas pelo sistema. A não-ambigüidade desse enunciado pode ser garantida através da imposição de consistência ao modelo global (Modelo do Contexto), utilizando-se a redundância controlada existente nos diversos submodelos. A proposta de solução abstrata (Modelo do Comportamento), evitando incorporar qualquer viés de implementação, é construída modelando-se a funcionalidade do sistema através de linguagens de representação gráficas apoiadas, quando necessário, por descrições textuais formais [7,13].

Este trabalho é, portanto, uma aplicação das ferramentas conceituais e técnicas de modelagem para STRs propostas em [7,8], aperfeiçoadas em [9,10,11,12,13] e parcialmente utilizadas em [16]. A aplicação refere-se à modelagem da essência de um STR para controle de processos previamente abordado em [8]; nosso tratamento corrige e amplia o apresentado nessa referência. Não pertence ao escopo do trabalho qualquer análise comparativa referente a ferramentas conceituais e técnicas de modelagem propostas por outros autores.

Vale ressaltar que, de um modo geral, atividades de Engenharia associadas a desenvolvimento de sistemas podem ser classificadas em dois grandes grupos: atividades relativas a desenvolvimento rotineiro e atividades relativas a desenvolvimento inovador [15]. Desenvolvimento rotineiro corresponde à busca de solução para problemas pouco originais, reutilizando-se partes significativas de soluções já propostas. Desenvolvimento inovador exige mais criatividade e corresponde à busca de soluções para problemas inéditos ou ao uso de novas ferramentas e técnicas na busca de soluções inéditas para problemas pouco originais. A modelagem conceitual descrita no presente trabalho, atividade de uma Engenharia de Software, pretende enquadrar-se na última categoria.

O sistema aqui modelado tem por objetivo monitorar e controlar um conjunto de linhas de engarrafamento de um composto químico e doravante será referenciado pela sigla **SICLEN** - **Sistema de Controle de Linhas de ENgarrafamento**. O SICLEN é uma versão aperfeiçoada do sistema modelado no apêndice B de [8], o qual, por sua vez, será referenciado pela sigla **BFS** (do original "**B**ottle-**F**illing **S**ystem"). As diferenças básicas entre o SICLEN e o BFS são relacionadas a seguir (ver, no Modelo do Contexto, as subseções 2.1.1.1.2./Descrição Sumária, 2.1.1.1.3./Descrição da Operação - Restrições - Eventos Externos Associados e 2.1.1.2./Lista de Eventos Externos - Estímulos Associados):

- quando o valor do pH do líquido no tanque sai da faixa de tolerância, o BFS suspende as ações de controle e cessa a exibição de parte das informações a respeito do processo para o supervisor e o operador. Uma vez corrigido o pH, retoma automaticamente essas ações. O SICLEN emite um aviso, fecha todas as válvulas da área de engarrafamento, inabilita a área de engarrafamento e cessa a exibição de todas as informações sobre o processo. Para reinício das operações, é necessário que o supervisor habilite novamente a área;

- no BFS, o operador pode retirar uma garrafa da posição de envasamento durante seu enchimento. No SICLEN, isto não é permitido;

- o BFS não prevê a possibilidade de transbordamento do tanque. Antes que esse acidente ocorra, o SICLEN emite um aviso, fecha todas as válvulas da área de engarrafamento, inabilita esta área e cessa a exibição de todas as informações sobre o processo. Para reinício das operações, é necessário que o supervisor habilite novamente a área;

- ao ser liberada uma garrafa vazia, o BFS não prevê a possibilidade de que a mesma não chegue corretamente à posição de

envasamento. O SICLEN verifica se isso ocorreu ou não. Caso a garrafa se posicione incorretamente, a linha de engarrafamento é desativada;

- o BFS não reage à ocorrência de valores inválidos de ajuste de pH e tamanho da garrafa de uma determinada linha. O SICLEN emite uma mensagem de erro para o supervisor e o operador respectivamente, assinalando a rejeição de valores nessa situação.

O Modelo da Essência do SICLEN foi construído tomando-se por base a estrutura de modelagem proposta em [13] para sistemas sócio-técnicos convencionais, à qual foram incorporados elementos de modelagem descritos nos apêndices A e C dessa referência e em [12]. Desta forma, empregando-se as mesmas estratégias utilizadas para sistemas sócio-técnicos convencionais [13], foram elaborados:

■ um Modelo do Contexto (seção 2.1.) constituído pelos seguintes elementos:

- a Definição do Sistema (subseção 2.1.1.1.), a qual procura enunciar a finalidade e a operação do sistema;

- a Lista de Eventos Externos (subseção 2.1.1.2.), que resulta de um mapeamento, em eventos, das necessidades a serem atendidas pelo sistema;

- o Esquema Transacional (subseção 2.1.2.1.), elemento de modelagem que proporciona uma visão abstrata do sistema, de sua vizinhança imediata e da interface entre ambos. Esse esquema emprega índices, junto aos descritores de alguns elementos, para modelar a multiplicidade de linhas de engarrafamento. Identificando cada linha pelo índice "i", essa notação substitui vantajosamente a empregada no modelo do BFS e sua utilização foi estendida às demais ferramentas do modelo. Além disso, o tanque da área de engarrafamento foi modelado por um depósito externo, uma vez que as interações entre ele e o sistema o caracterizam como um elemento funcional passivo do ambiente externo;

- o Esquema Semântico [10,12,13] (subseção 2.1.2.2.), que permite modelar, de forma mais expressiva do que a proporcionada pelo Esquema Transacional, as interações entre o sistema e o ambiente externo bem como interações entre elementos desse ambiente, foi construído de modo que:

+ detalhamentos de entidades externas agregadas (área de engarrafamento e linha de engarrafamento) empregaram hierarquias semânticas do tipo "é_composto". A multiplicidade de entidades foi modelada pelo símbolo gráfico "seta dupla";

+ relacionamentos com atributos foram usados para modelar as transações (interações) entre o sistema e o ambiente externo e associados a eventos externos. Seus detalhamentos foram representados através de hierarquias semânticas cujo primeiro nível se decompõe em

entradas e respostas do sistema. Quando afigurou-se a existência de dois ou mais eventos envolvendo as mesmas entidades externas e causando respostas de mesma natureza (ver detalhamentos dos relacionamentos R3, R4, R5, R9 e R12), efetuou-se a agregação das hierarquias correspondentes com o objetivo de dar concisão ao esquema;

+ eventos que provocam início de emissão ou interrupção de emissão de fluxos contínuos tiveram essas respostas modeladas através de entidades subordinadas de hierarquia semântica (ESS) denominadas respectivamente "Emissão de fluxo contínuo" e "Interrupção de fluxo contínuo". Assim, um fluxo que esteja modelado no Esquema Semântico como uma ESS subordinada a uma das ESS anteriormente mencionadas significa que, quando ocorre o respectivo evento, o fluxo em questão começa ou deixa de ser produzido pelo sistema;

+ entendendo como resposta parcial uma porção da resposta completa a um dado estímulo, transações que provocam uma seqüencialidade de respostas parciais foram modeladas incorporando um relacionamento indicativo de precedência de uma resposta parcial sobre outra;

- o Esquema da Dinâmica (subseção 2.1.2.3.) [12], que modela o comportamento do ambiente externo abstraindo qualquer referência ao sistema de controle. Para sua construção, foram empregados Diagramas de Estados e Transições e considerou-se que:

+ a transição de um estado para outro corresponde a um evento externo e à reação associada ao mesmo;

+ de modo geral, um estado modela uma condição observável do ambiente externo.

Assim, associou-se a cada evento externo uma estrutura gráfica correspondente a uma transição para um estado inicial. Essas estruturas foram, em seguida, acopladas segundo a interdependência temporal dos eventos. Consistentemente com as características apresentadas na Descrição Sumária do sistema (subseção 2.1.1.1.2.), somente a seqüencialidade de eventos foi modelada. Não foi, portanto, necessário modelar ocorrências de eventos associadas a instantes específicos do tempo. Se isso fosse exigido, bastaria utilizar predicados apropriados nas pré-condições das transições, conforme sugerido em [14];

- a Tabela de Verificação de Consistência preliminar do Modelo da Essência (subseção 2.1.3.), que visa auxiliar a revisão do Modelo do Contexto no sentido de estabelecer sua coerência interna. Além disso, essa tabela subsidia o processo de mapeamento dos eventos externos especificados no Modelo do Contexto em funções do Modelo do Comportamento;

■ um Modelo do Comportamento (seção 2.2.) constituído pelos seguintes elementos:

- o Esquema das Atividades Essenciais (subseção 2.2.1.1.1.), que estabelece a perspectiva do conjunto de elementos funcionais ativos responsáveis pelo comportamento do sistema, com as seguintes adaptações:

+ a possibilidade de atividades de controle efetuarem acessos a depósitos [9,11,13];

+ em relação à modelagem do sistema proposta em [8], na qual nem todas as atividades operacionais são subordinadas a alguma atividade de controle, cada atividade operacional no SICLEN está obrigatoriamente subordinada a uma atividade de controle;

- a Organização Hierárquica das Atividades Essenciais (subseção 2.2.1.1.2.), que visa dominar a complexidade da representação através de uma segmentação do Esquema das Atividades Essenciais em atividades agregadas recursivamente. Esta subseção inclui as especificações gráficas das atividades de controle empregando Diagramas de Estados e Transições e foi elaborada com base nas seguintes heurísticas:

+ utilização do Esquema da Dinâmica do Modelo do Contexto como subsídio;

+ transições associadas a eventos que não conduzem a uma condição observável no ambiente externo devem ser associadas a estados "internos". Sua função é permitir a modelagem de condições relacionadas à dinâmica do sistema;

- as Listas de Pré/Pós-Condições (subseção 2.2.1.2.2.1.), empregadas para especificar as atividades operacionais. Estas listas foram adaptadas para o caso de tempo-real, através do uso de expressões ("HABILITADA", "INABILITADA", "DISPARADA", "SUSPENSA" e "RETOMADA") que permitem modelar a ocorrência de comandos (fluxos de controle) recebidos pelas atividades operacionais;

- o Dicionário de Dados (subseção 2.2.2.1.2.), que documenta detalhadamente todos os aspectos informacionais presentes nas seções esquemáticas (Esquemas Transacional, Semântico, das Atividades Essenciais e da Organização Hierárquica das Atividades Essenciais);

■ uma Tabela de Verificação de Consistência (seção 2.3.), que evidencia, esquematicamente, os vínculos estabelecidos entre o Modelo do Contexto e o Modelo do Comportamento e permite verificar sua validade.

2. Modelo da Essência do SICLEN

2.1. Modelo do Contexto

2.1.1. Seção Detalhada

2.1.1.1. Definição do Sistema

2.1.1.1.1. Descrição de Objetivo

2.1.1.1.1.1. A Nível Estratégico

O sistema deve contribuir para a conquista de novas faixas de mercado para a empresa através do aprimoramento da qualidade do seu produto. Deve, também, possibilitar aumento de produtividade da área de engarrafamento.

2.1.1.1.1.2. A Nível Tático

O sistema deve aprimorar a qualidade do produto da empresa por meio de um rigoroso controle do valor de pH do líquido engarrafado e do seu processo de engarrafamento.

O aumento de produtividade do processo de engarrafamento deve decorrer da minimização de perdas obtida em consequência do uso de controle.

2.1.1.1.1.3. A Nível Operacional

O sistema deve racionalizar, monitorar e controlar o processo de engarrafamento, acelerando a produção e proporcionando a obtenção de resultados mais rápidos, confiáveis e de maior precisão.

2.1.1.1.2. Descrição Sumária

O sistema destina-se a monitorar e controlar uma área de engarrafamento que consiste de um determinado número de linhas de engarrafamento alimentadas por um único tanque. O tanque contém um líquido a ser engarrafado, cujo pH deve ser mantido de acordo com a especificação de um supervisor responsável pela área.

São **tarefas** do sistema :

- . controlar o nível e o pH do líquido no tanque;
- . controlar o movimento e o enchimento de garrafas em cada uma das diversas linhas de engarrafamento;
- . trocar informações com o operador de cada linha de engarrafamento e com o supervisor da área.

O **controle do nível** é feito por intermédio de :

- . monitoramento através de um sensor de nível;
- . ajuste da vazão de uma válvula de entrada de líquido.

Finalidade : manter o nível do tanque o mais próximo possível do nível padrão.

O **controle do pH** é feito por intermédio de :

- . monitoramento através de um sensor de pH;
- . ajuste da vazão de uma válvula de entrada de reagente químico que tem a propriedade de aumentar o pH.

Finalidade : neutralizar a tendência do líquido de, uma vez no tanque, reduzir seu pH.

O **controle do movimento e do enchimento de garrafas**, em cada linha de engarrafamento, é feito por intermédio de :

- . monitoramento através de sensores de peso (balança) e de contato, que permitem verificar o estado de envasamento e o posicionamento de uma garrafa no local de envasamento;
- . liberação de garrafa vazia após remoção da garrafa cheia da posição de envasamento e ajuste da vazão da válvula de envasamento da linha.

Finalidade : manter o mais rápido possível o fluxo de garrafas através da linha de engarrafamento, evitando desperdício do líquido a ser envasado.

A **troca de informações com o supervisor** da área visa :

- . mantê-lo informado em relação ao estado de cada uma das linhas de engarrafamento e, globalmente, da área de engarrafamento;
- . permitir-lhe habilitar/inabilitar a área de engarrafamento e alterar o valor de pH do líquido no tanque.

A **troca de informações com o operador** de uma dada linha de engarrafamento visa :

- . mantê-lo informado em relação ao estado da linha de engarrafamento sob sua responsabilidade;
- . permitir-lhe ligar/desligar a linha sob sua responsabilidade e alterar o valor do volume da garrafa a ser envasada.

2.1.1.1.3. Descrição da Operação - Restrições - Eventos Associados

Sob o ponto de vista do SUPERVISOR :

- SUPERVISOR habilita a área de engarrafamento enviando ao sistema o sinal "habilitar-área". O sistema inicia o envio das condições de funcionamento da área ("condições_tanque" e "estado_linhas") para o SUPERVISOR.
(evento externo 1).

- SUPERVISOR inabilita a área de engarrafamento enviando ao sistema o sinal "inabilitar_área". O sistema cessa o envio das condições de funcionamento da área ("condições_tanque" e "estado_linhas") para o SUPERVISOR.
(evento externo 2).

- SUPERVISOR ajusta o pH a ser mantido enviando ao sistema o "ajuste_pH". O sistema substitui o valor antigo do pH a ser mantido pelo novo valor escolhido.

Ocorrerá rejeição ("rejeição_ajuste_pH") caso o pH escolhido seja maior que o limite máximo ou menor que o limite mínimo. Essa rejeição deverá expressar-se sob a forma de uma mensagem.
(evento externo 3).

- Caso o pH do líquido do tanque saia da faixa de tolerância, o sistema emitirá para o SUPERVISOR um sinal ("anomalia_pH") e, em seguida, cessará o envio das condições de funcionamento da área ("condições_tanque" e "estado_linhas").
(evento externo 5 ou 6).

- Caso o nível máximo do tanque seja atingido, o sistema emitirá para o SUPERVISOR um sinal ("anomalia_nível_tanque") e, em seguida, cessará o envio das condições de funcionamento da área ("condições_tanque" e "estado_linhas").
(evento externo 15).

Sob o ponto de vista do OPERADOR :

- Ao ser habilitada a área de engarrafamento, o sistema envia ao OPERADOR as condições de funcionamento da linha ("estado_da_linha(i)").
(evento externo 1).

- Ao ser inabilitada a área de engarrafamento, o sistema cessa o envio das condições de funcionamento da linha ("estado_da_linha(i)") para o OPERADOR.
(evento externo 2).

- Caso o pH do líquido no tanque saia da faixa de tolerância, o sistema cessará o envio das condições de funcionamento da linha i ("estado_da_linha(i)") para o OPERADOR. (evento externo 5 ou 6).
- Caso o nível máximo no tanque seja atingido, o sistema cessará o envio das condições de funcionamento da linha i para ("estado_da_linha(i)") para o OPERADOR. (evento externo 15).
- OPERADOR liga sua linha enviando ao sistema o sinal "ligar_linha(i)". O sistema verificará as condições da posição de envasamento da linha e, se forem satisfatórias, esta será ativada causando atualização na informação enviada sobre as condições de funcionamento. Caso contrário, a linha permanecerá desligada. (evento externo 8).
- OPERADOR desliga sua linha enviando ao sistema o sinal "desligar_linha(i)". O sistema desliga a linha correspondente e atualiza a informação enviada sobre as condições de funcionamento da mesma. (evento externo 9).
- OPERADOR ajusta o tamanho corrente da garrafa da sua linha enviando ao sistema o "tamanho_garrafa(i)". O sistema substitui o antigo tamanho da garrafa da respectiva linha pelo novo tamanho escolhido. Ocorrerá rejeição ("rejeição_tamanho_garrafa(i)") caso o tamanho escolhido seja maior que o limite máximo ou menor que o limite mínimo. Essa rejeição deverá expressar-se sob a forma de uma mensagem. (evento externo 10).
- OPERADOR informa que removeu a garrafa da posição de envasamento enviando ao sistema o sinal "garrafa_removida(i)". O sistema verificará as condições da posição de envasamento da linha e, se forem satisfatórias, liberará uma garrafa vazia ("liberar_garrafa(i)"). Caso contrário, o sistema desligará a linha atualizando a informação enviada sobre as condições de funcionamento da mesma. (evento externo 14).

Sob o ponto de vista do SUPRIDOR DE LÍQUIDO :

- Ao ser habilitada a área de engarrafamento, o sistema inicia o controle da abertura da válvula de entrada de líquido ("controle_válvula_líquido"). (evento externo 1).
- Ao ser inabilitada a área, o sistema fecha a válvula de entrada de líquido ("controle_válvula_líquido") e, em seguida, cessa o controle da abertura da mesma. (evento externo 2).

- Caso o pH corrente do líquido do tanque saia da faixa de tolerância, o sistema fechará a válvula de entrada de líquido ("controle_válvula_líquido") e, em seguida, cessará o controle da abertura da mesma. (evento externo 5 ou 6).
- Caso o nível máximo do tanque seja atingido, o sistema fechará a válvula de entrada de líquido ("controle_válvula_líquido") e, em seguida, cessará o controle da abertura da mesma. (evento externo 15).
- Caso o nível caia abaixo do nível padrão, o sistema abrirá a válvula de entrada de líquido ("controle_válvula_líquido"). (evento externo 16).
- Quando o nível retornar ao nível padrão, o sistema fechará a válvula de entrada de líquido ("controle_válvula_líquido"). (evento externo 17).

Sob o ponto de vista do SUPRIDOR DE REAGENTE :

- Ao ser habilitada a área de engarrafamento, o sistema inicia o controle da abertura da válvula de entrada de reagente ("controle_válvula_reagente"). (evento externo 1).
- Ao ser inabilitada a área de engarrafamento, o sistema fecha a válvula de entrada de reagente ("controle_válvula_reagente") e, em seguida, cessa o controle da abertura da mesma. (evento externo 2).
- Caso o pH corrente do líquido do tanque saia da faixa de tolerância, o sistema fechará a válvula de entrada de reagente ("controle_válvula_reagente") e, em seguida, cessará o controle da abertura da mesma. (evento externo 5 ou 6).
- Caso o pH corrente do líquido do tanque caia em relação ao ponto de ajuste dentro da faixa de tolerância, o sistema abrirá a válvula de entrada de reagente ("controle_válvula_reagente"). (evento externo 4).
- Quando o pH corrente do líquido do tanque retornar ao ponto de ajuste, o sistema fechará a válvula de entrada de reagente ("controle_válvula_reagente"). (evento externo 7).
- Caso o nível máximo do tanque seja atingido, o sistema fechará a válvula de entrada de reagente ("controle_válvula_reagente") e, em seguida, cessará o controle da abertura da mesma. (evento externo 15).

Sob o ponto de vista da LINHA DE ENGARRAFAMENTO :

- Ao ser habilitada a área de engarrafamento, o sistema inicia o controle da abertura das válvulas de envasamento de todas as linhas ("controle_válvula_envasamento(i)").
(evento externo 1).

- Ao ser inabilitada a área de engarrafamento, o sistema fecha as válvulas de envasamento de todas as linhas ("controle_válvula_envasamento(i)") e, em seguida, cessa o controle da abertura das mesmas.
(evento externo 2).

- Caso o pH corrente do líquido do tanque saia da faixa de tolerância, o sistema fechará as válvulas de envasamento de todas as linhas ("controle_válvula_envasamento(i)") e, em seguida, cessará o controle da abertura das mesmas.
(evento externo 5 ou 6).

- Quando uma linha é ativada, o sistema verificará as condições da respectiva posição de envasamento. Se forem satisfatórias, liberará uma garrafa vazia ("liberar_garrafa(i)") e atualizará a informação enviada sobre as condições de funcionamento. Caso contrário, o sistema manterá a linha desativada.
(evento externo 8).

- LINHA DE ENGARRAFAMENTO informa ao sistema que uma garrafa vazia entrou na posição de envasamento (através de valores específicos de "peso(i)" e "condição_contato(i)"). O sistema inicia o enchimento da garrafa ("controle_válvula_envasamento(i)").
(evento externo 11).

- LINHA DE ENGARRAFAMENTO informa ao sistema que uma garrafa vazia chegou à balança mas ficou fora da posição de envasamento (através de valores específicos de "peso(i)" e "condição_contato(i)"). O sistema desliga a linha.
(evento externo 12).

- LINHA DE ENGARRAFAMENTO informa ao sistema que a garrafa está cheia (através de valor específico de "peso(i)"). O sistema interrompe o enchimento da garrafa ("controle_válvula_envasamento(i)") e inicia a rotulação.
(evento externo 13).

- Caso o nível máximo do tanque seja atingido, o sistema fechará as válvulas de envasamento de todas as linhas ("controle_válvula_envasamento(i)") e, em seguida, cessará o controle da abertura das mesmas.
(evento externo 15).

2.1.1.2. Lista de Eventos Externos - Estímulos Associados

1. Supervisor tem necessidade de habilitar a área de engarrafamento.
(sinalizado pelo fluxo de controle -- sinal -- "habilitar_área");
2. Supervisor tem necessidade de inabilitar a área de engarrafamento.
(sinalizado pelo fluxo de controle -- sinal -- "inabilitar_área");
3. Supervisor tem necessidade de alterar o pH a ser mantido.
(sinalizado pelo fluxo de dados -- discreto -- "ajuste_pH");
4. O pH do líquido do tanque cai abaixo do ponto de ajuste dentro da faixa de tolerância.
(sinalizado por valor específico do acesso -- contínuo -- * pH_corrente * ao depósito externo "Líquido do tanque");
5. O pH do líquido do tanque ultrapassa o limite superior da faixa de tolerância.
(sinalizado por valor específico do acesso -- contínuo -- * pH_corrente * ao depósito externo "Líquido do tanque");
6. O pH do líquido do tanque cai abaixo do limite inferior da faixa de tolerância.
(sinalizado por valor específico do acesso -- contínuo -- * pH_corrente * ao depósito externo "Líquido do tanque");
7. O pH do líquido do tanque retorna ao ponto de ajuste.
(sinalizado por valor específico do acesso -- contínuo -- * pH_corrente * ao depósito externo "Líquido do tanque");
8. Operador tem necessidade de ligar sua linha.
(sinalizado pelo fluxo de controle -- sinal -- "ligar_linha(i)");
9. Operador tem necessidade de desligar sua linha.
(sinalizado pelo fluxo de controle -- sinal -- "desligar_linha(i)");
10. Operador tem necessidade de alterar o tamanho da garrafa da sua linha.
(sinalizado pelo fluxo de dados --discreto-- "tamanho_garrafa(i)");
11. Garrafa vazia chega à posição de envasamento.
(sinalizado por valores específicos dos fluxos de dados -- contínuos -- "condição_contato(i)" e "peso(i)");
12. Garrafa vazia chega à balança mas fora da posição de envasamento.
(sinalizado por valores específicos dos fluxos de dados -- contínuos -- "condição_contato(i)" e "peso(i)");
13. Termina o enchimento de garrafa.
(sinalizado por valor específico do fluxo de dados -- contínuo -- "peso(i)");
14. Operador tem necessidade de remover a garrafa.
(sinalizado por fluxo de controle --sinal-- "garrafa_removida(i)").

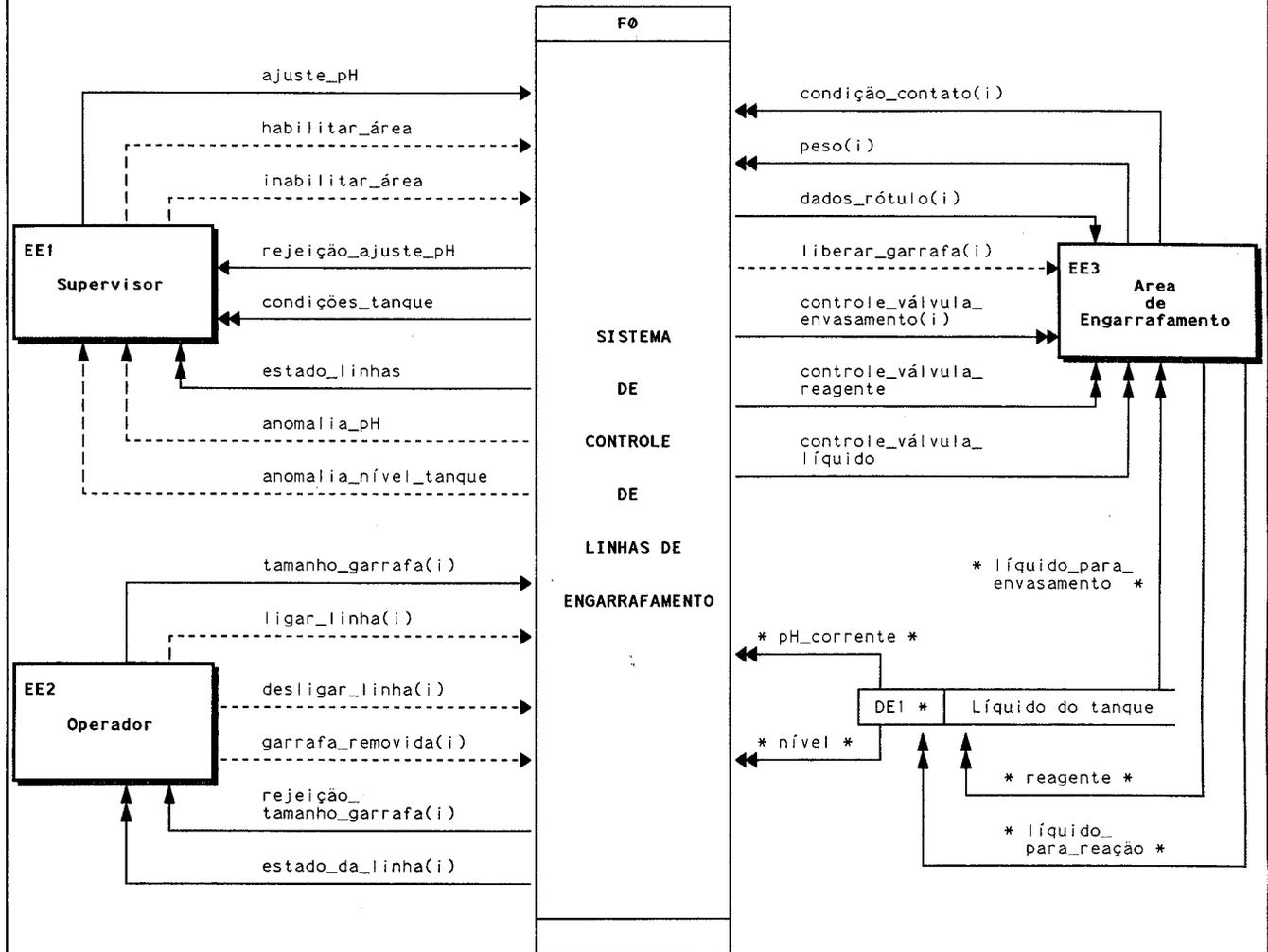
15. Nível do líquido no tanque atinge o nível máximo.
(sinalizado por valor específico do acesso -- contínuo -- * ní-
vel * ao depósito externo "Líquido do tanque");
16. Nível do líquido no tanque cai abaixo do nível padrão.
(sinalizado por valor específico do acesso -- contínuo -- * ní-
vel * ao depósito externo "Líquido do tanque");
17. Nível do líquido no tanque retorna ao nível padrão.
(sinalizado por valor específico do acesso -- contínuo -- * ní-
vel * ao depósito externo "Líquido do tanque").

2.1.2. Seção Esquemática

2.1.2.1. Esquema Transacional

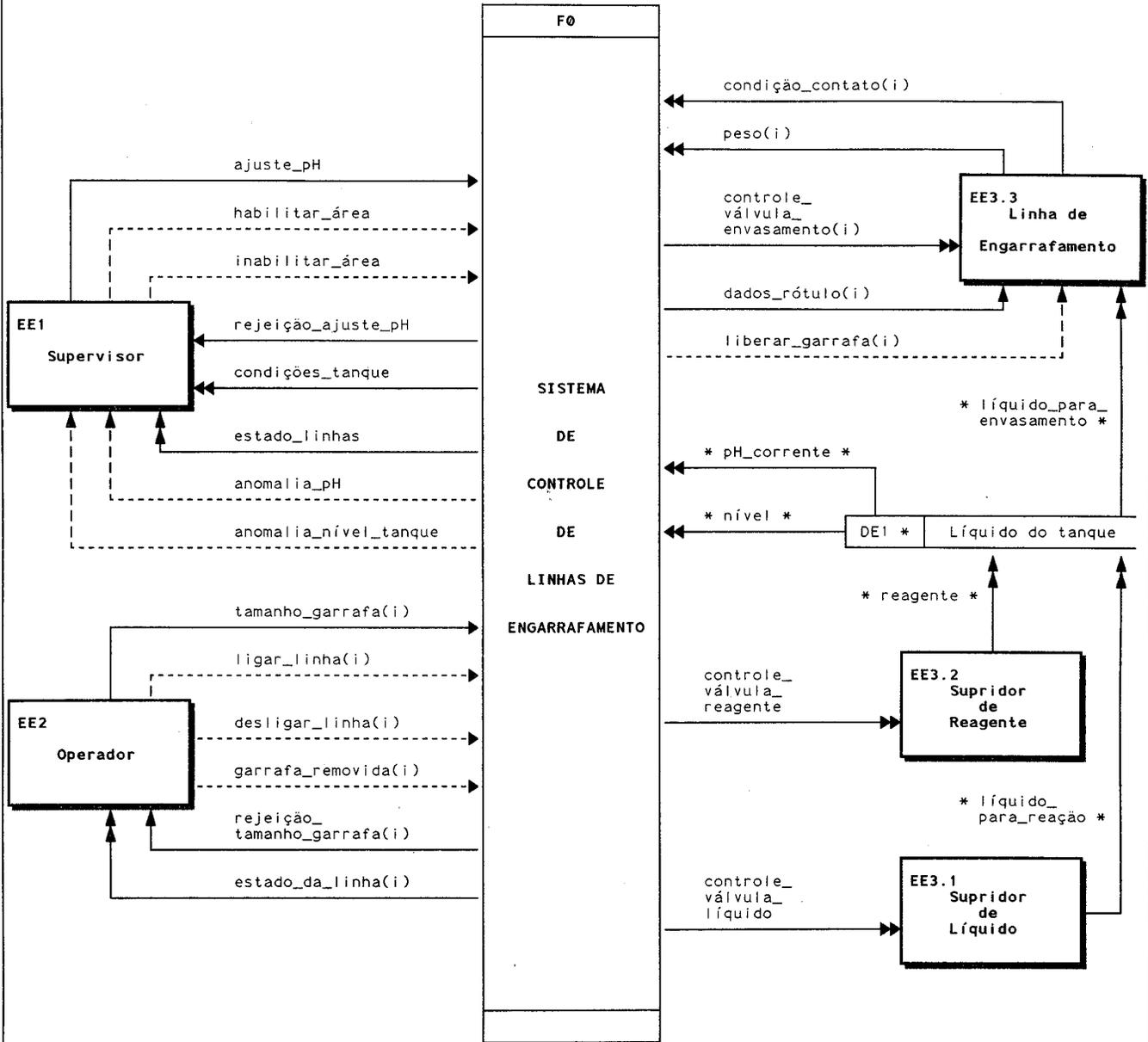
ESQUEMA TRANSAcional

* versão agregada *



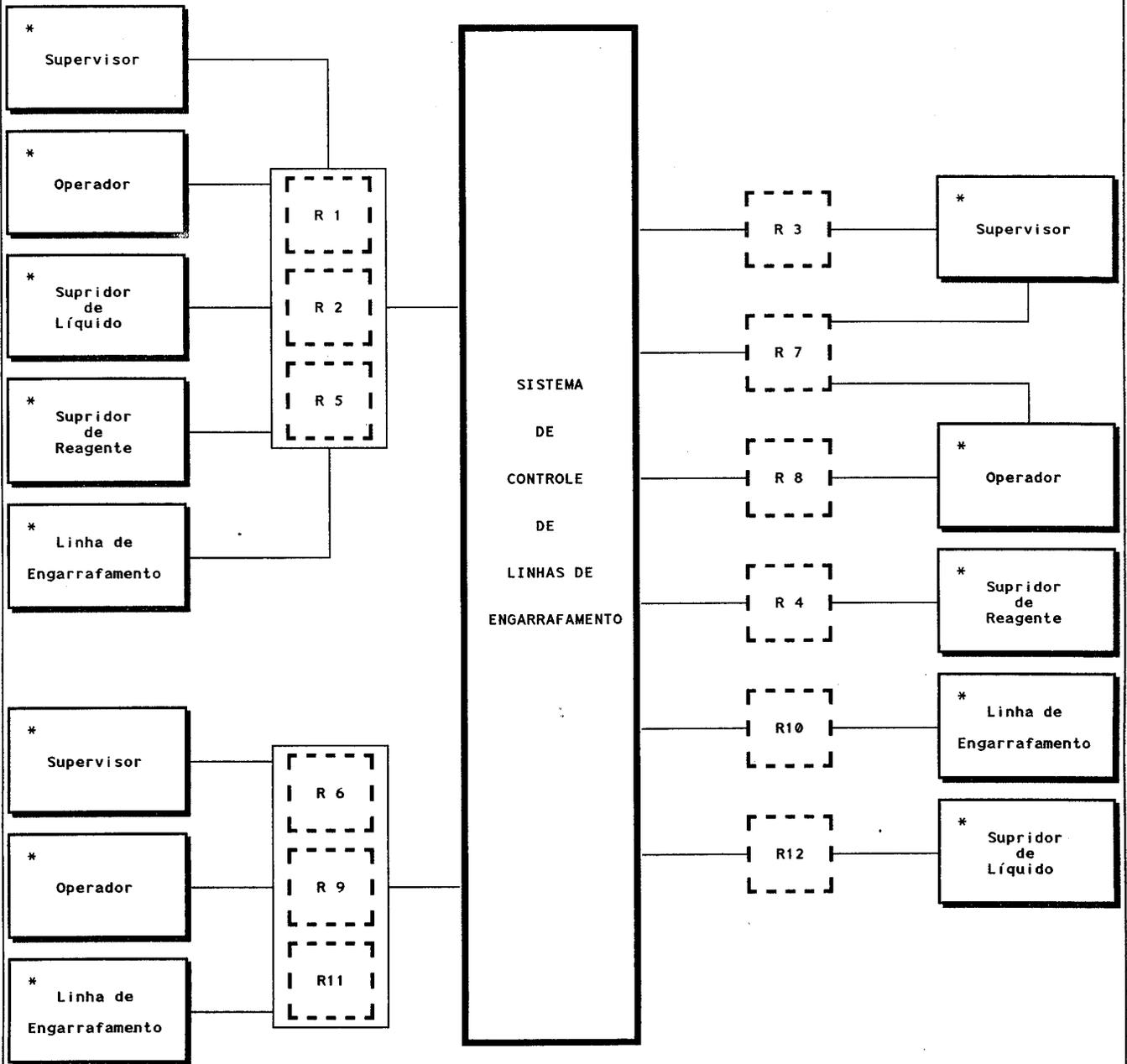
ESQUEMA TRANSACIONAL

* versão primitiva *



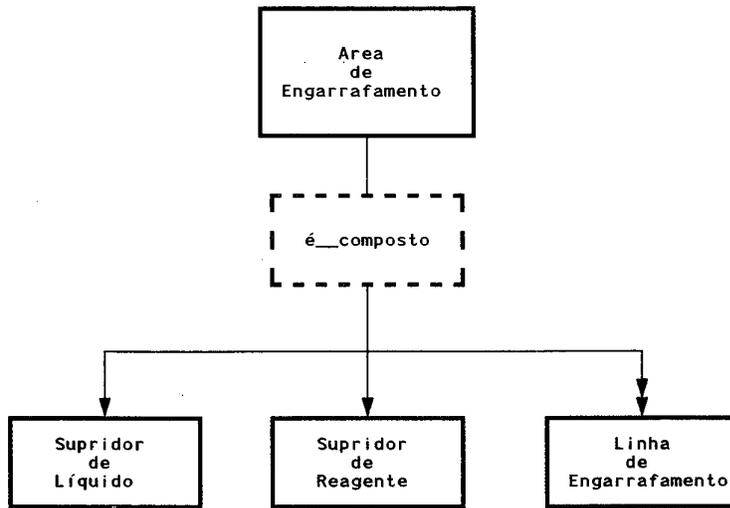
2.1.2.2. Esquema Semântico

ESQUEMA SEMANTICO

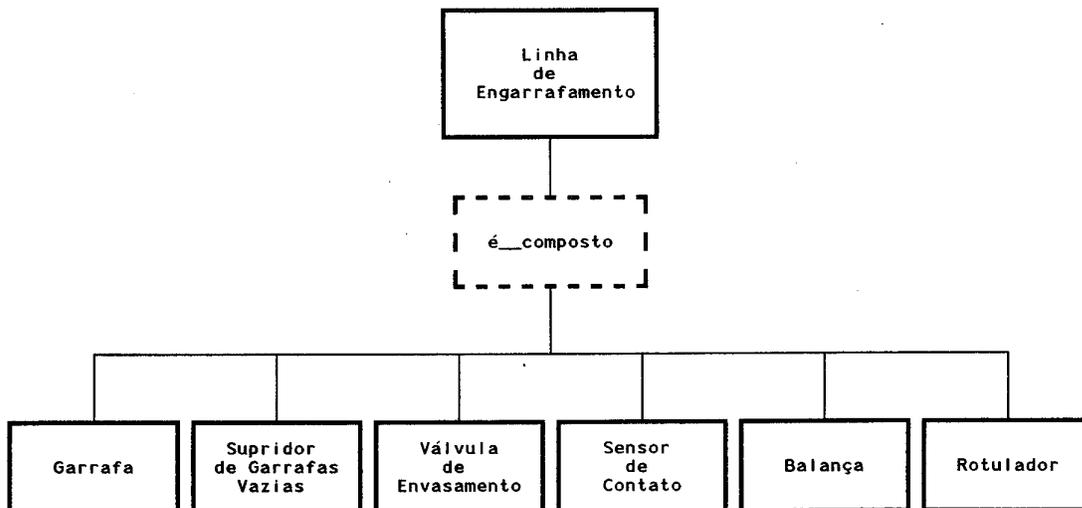


Esquema Semântico - Detalhamento de EE3 e EE3.3

* EE3 *

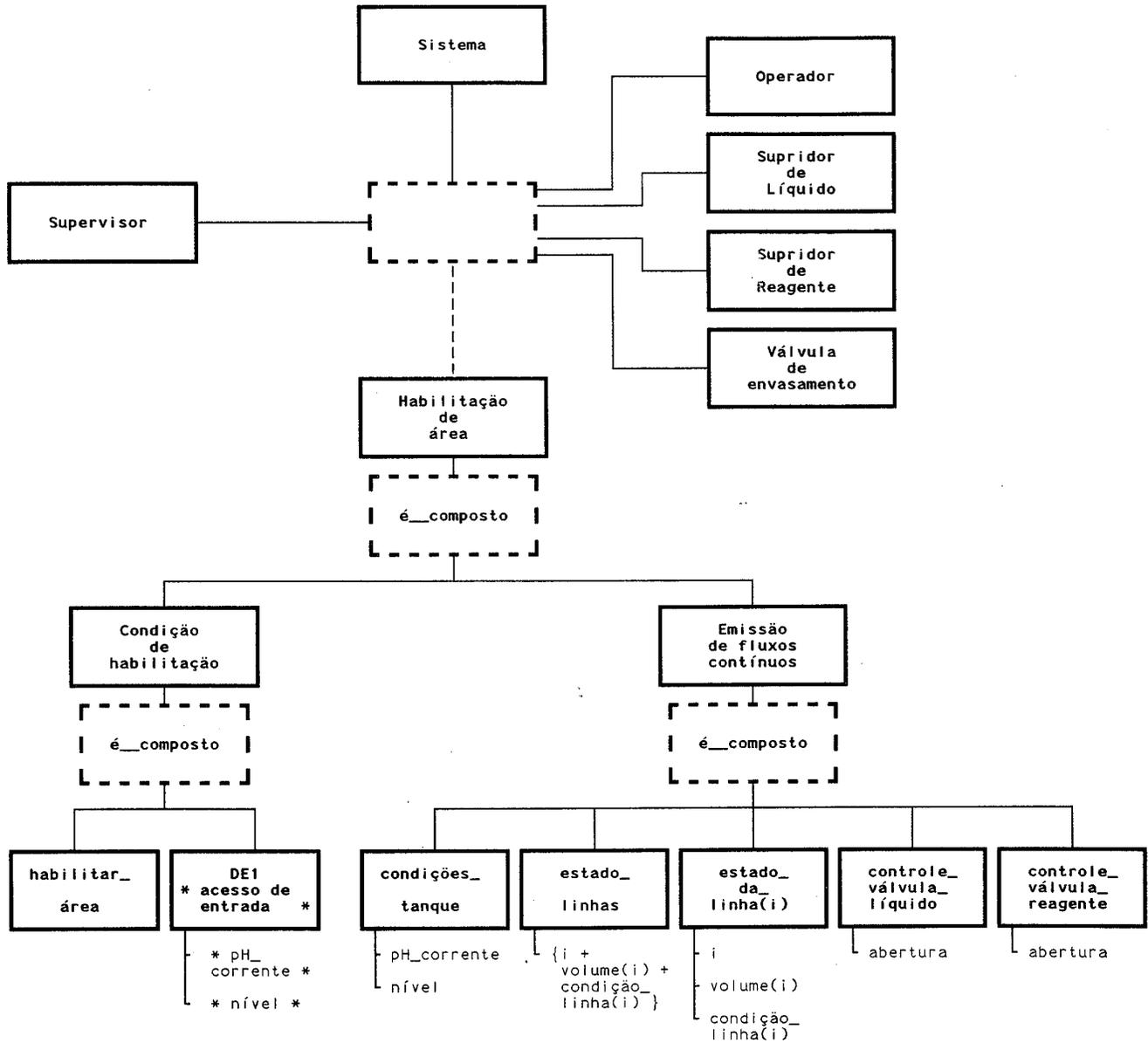


* EE3.3 *

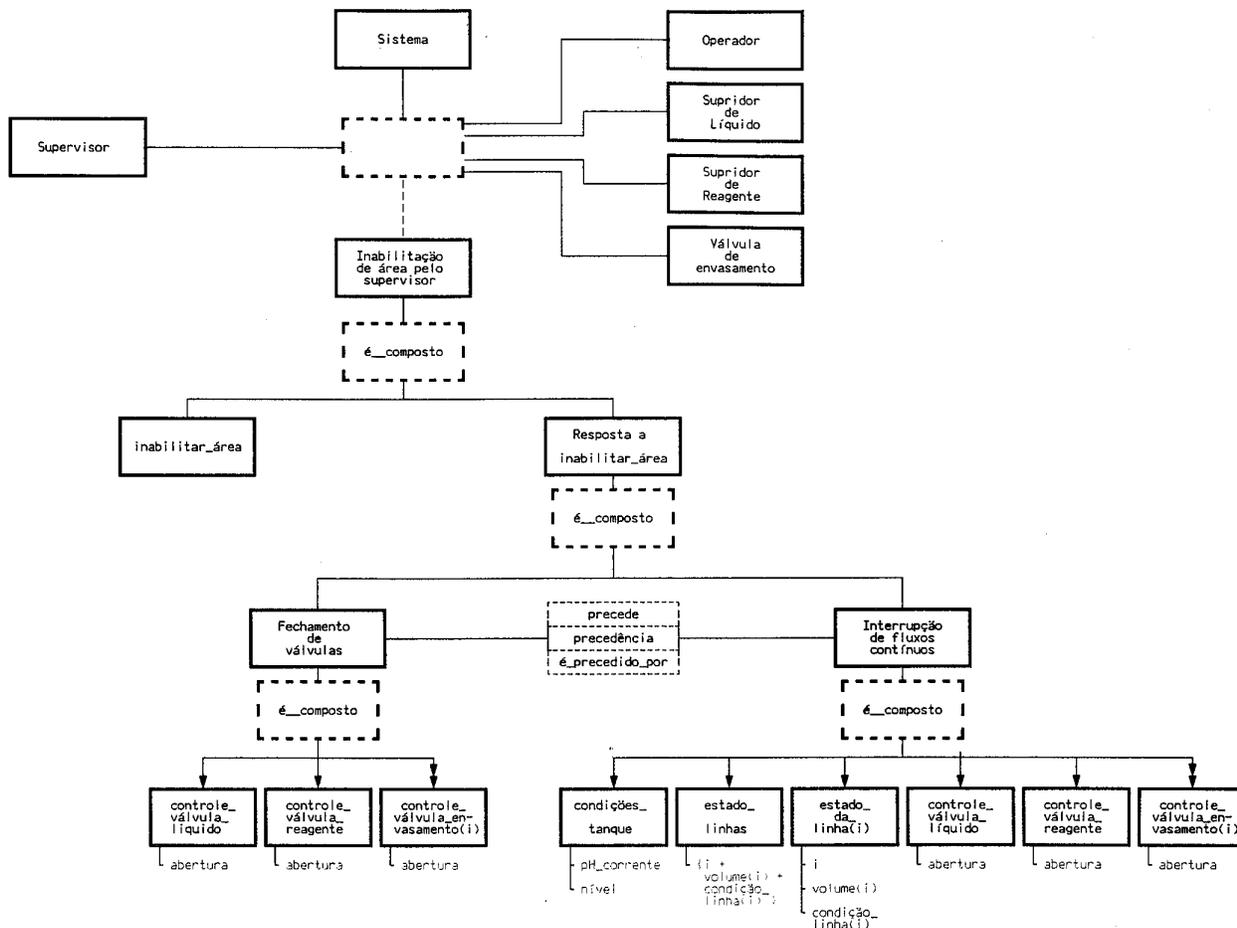


Esquema Semântico - Detalhamento de R1

* evento externo ! *

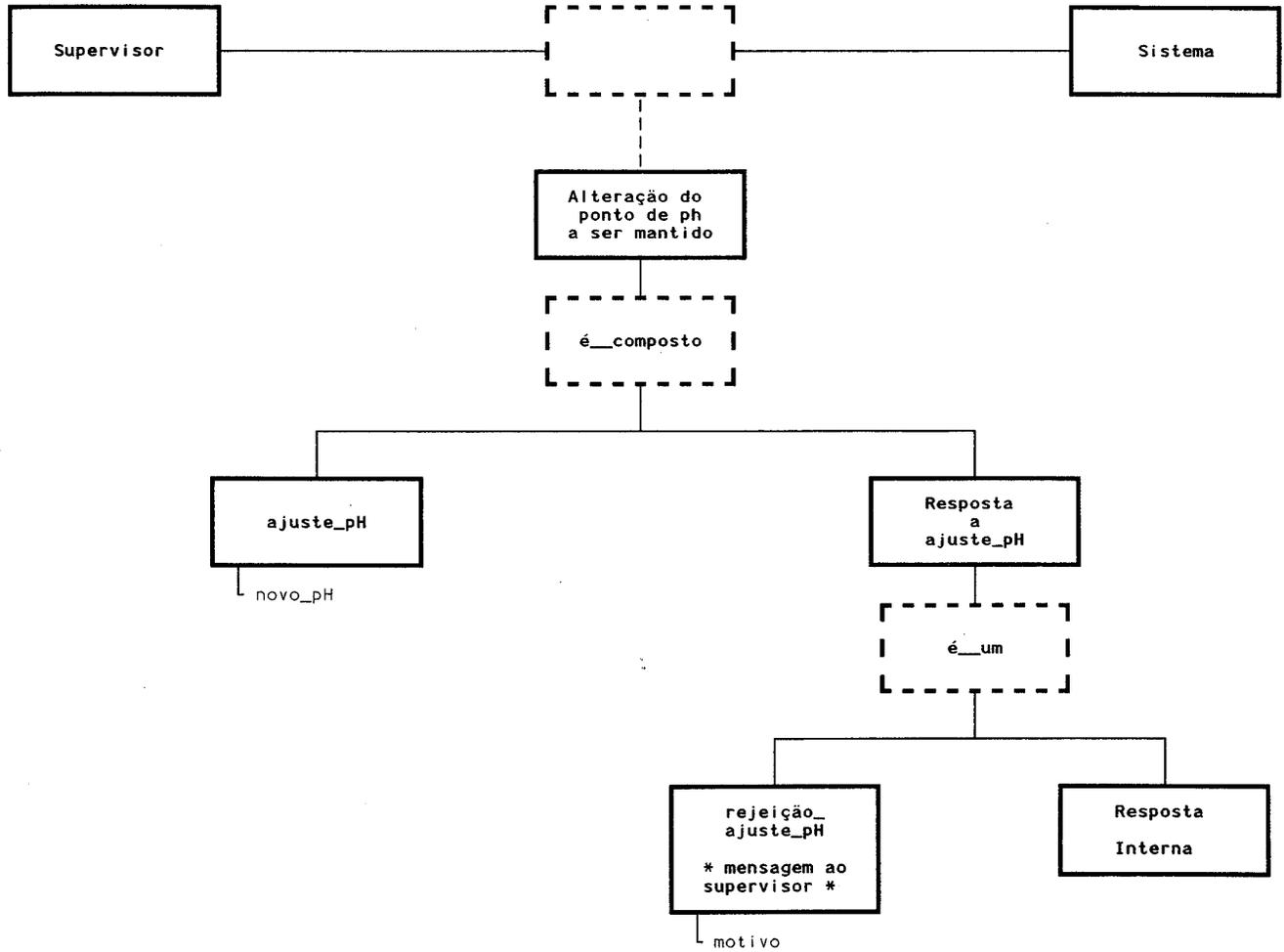


evento externo 2



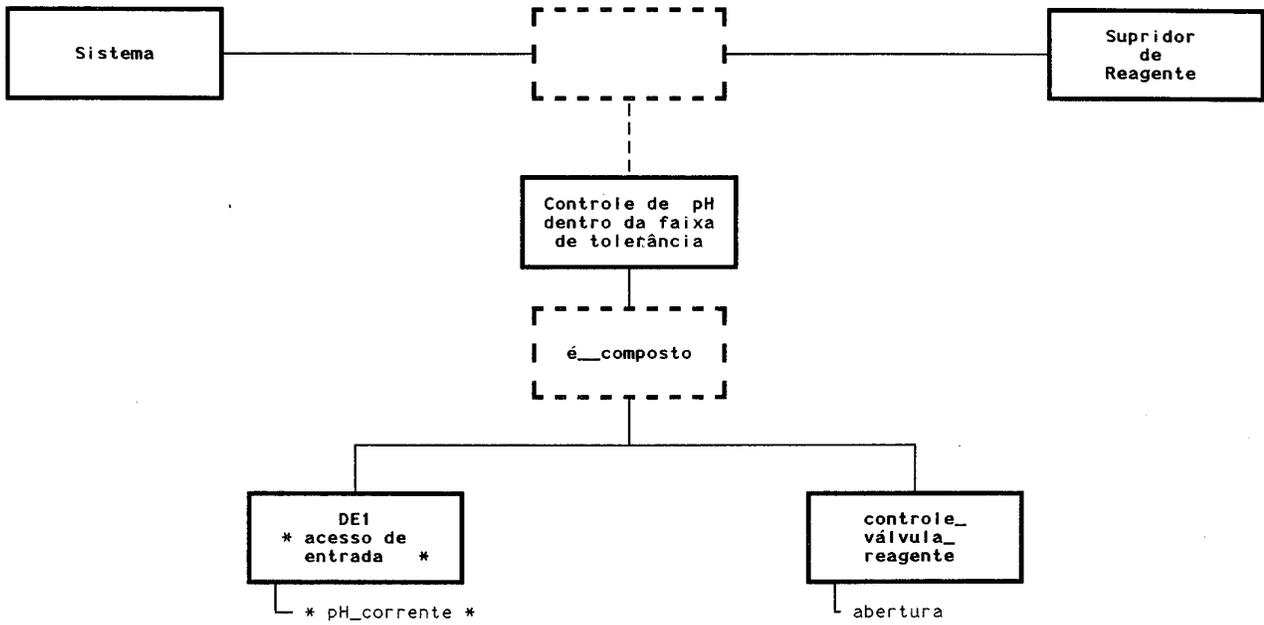
Esquema Semântico - Detalhamento de R3

* evento externo 3 *



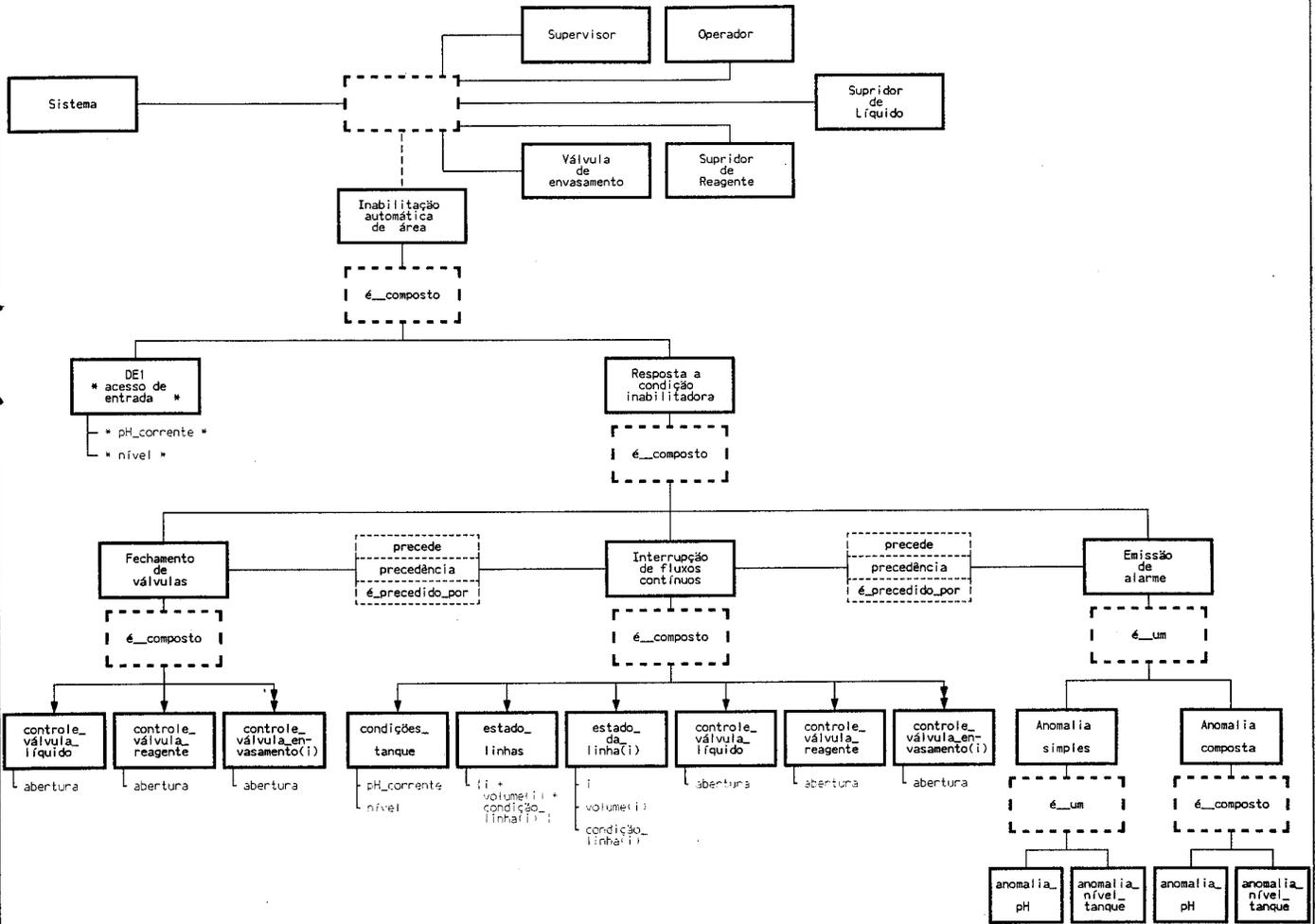
Esquema Semântico - Detalhamento de R4

* eventos externos 4 e 7 *



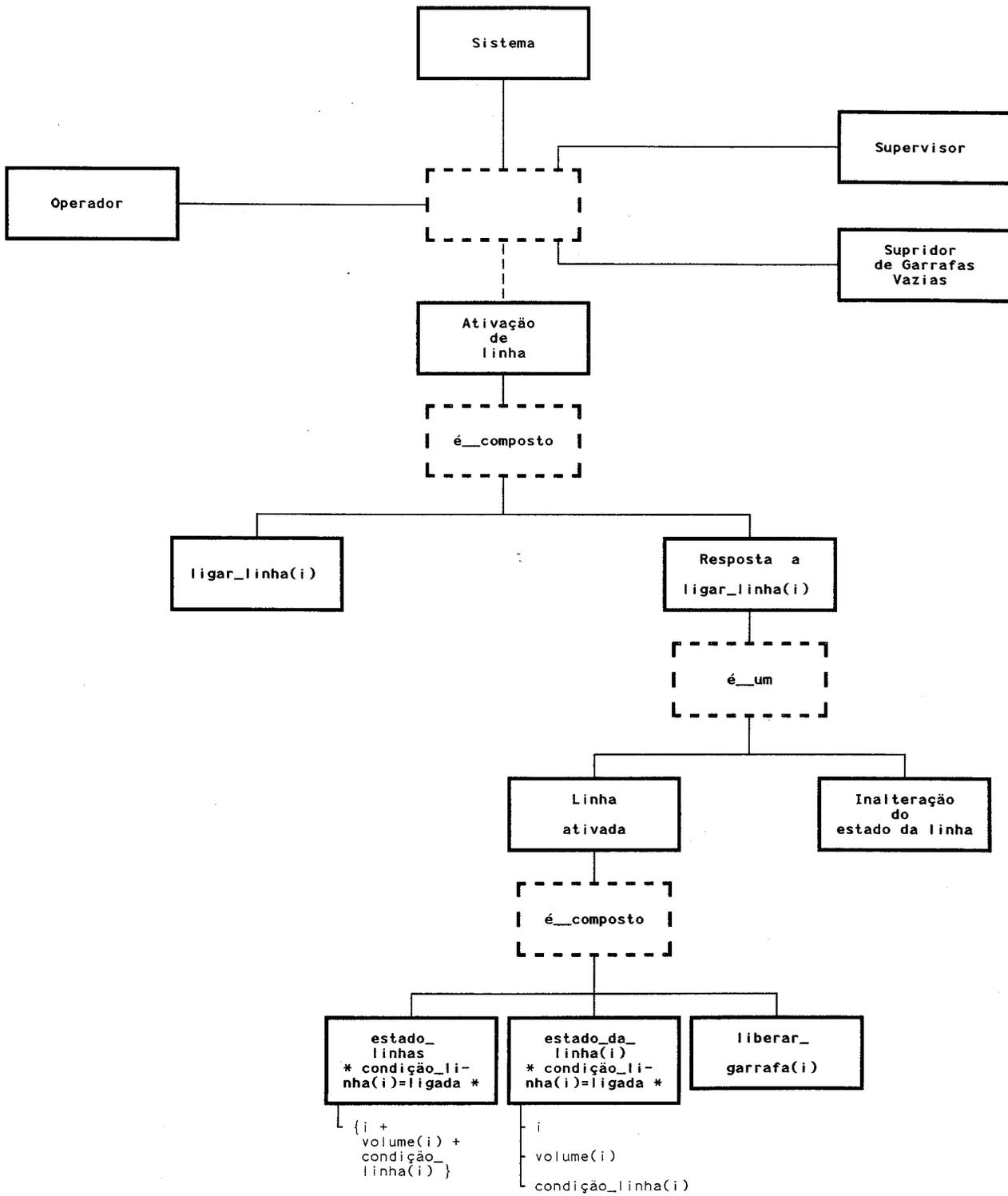
Esquema Semântico - Detalhamento de R5

* eventos externos 5,6 e 15 *



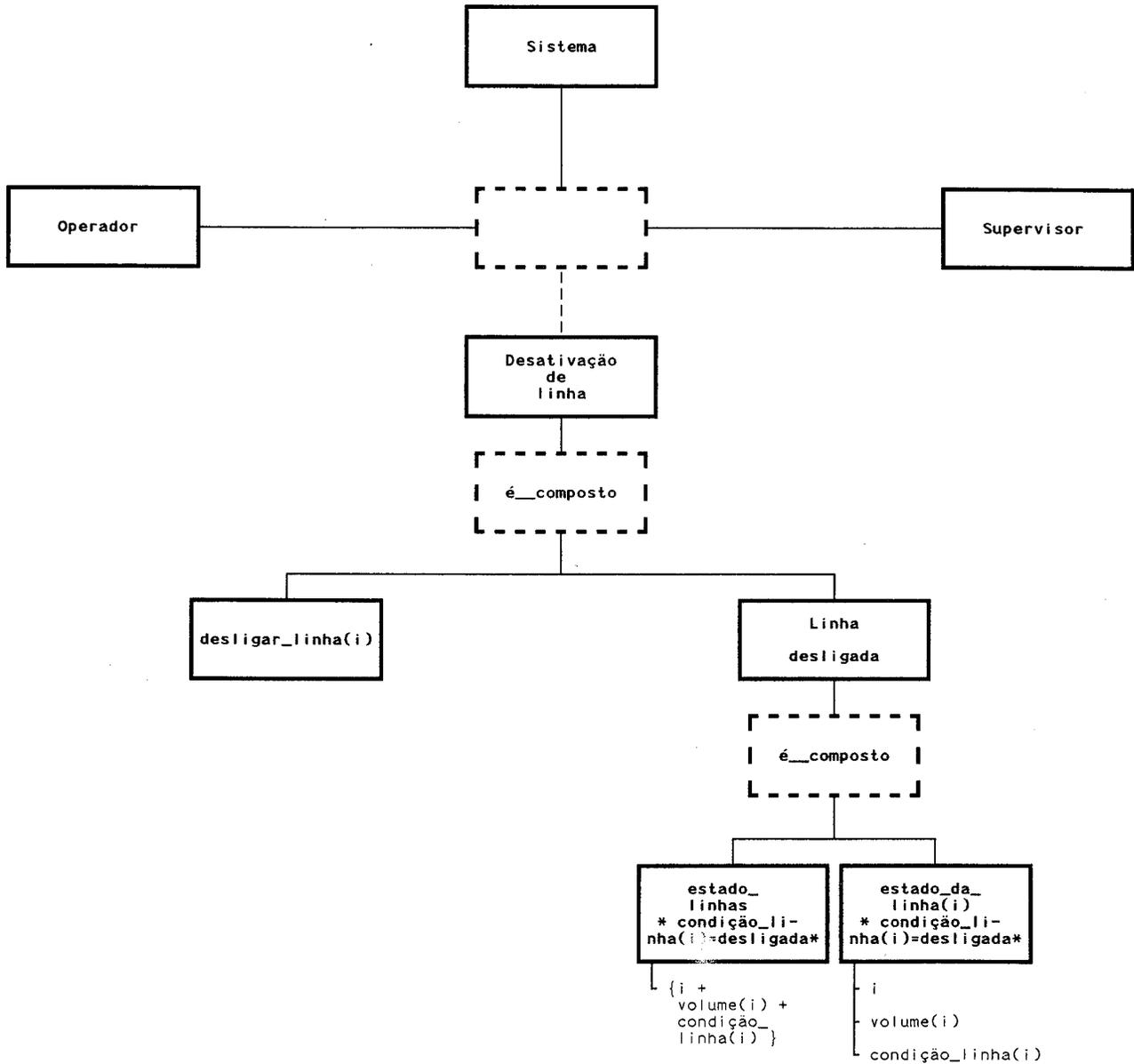
Esquema Semântico - Detalhamento de R6

* evento externo 8 *



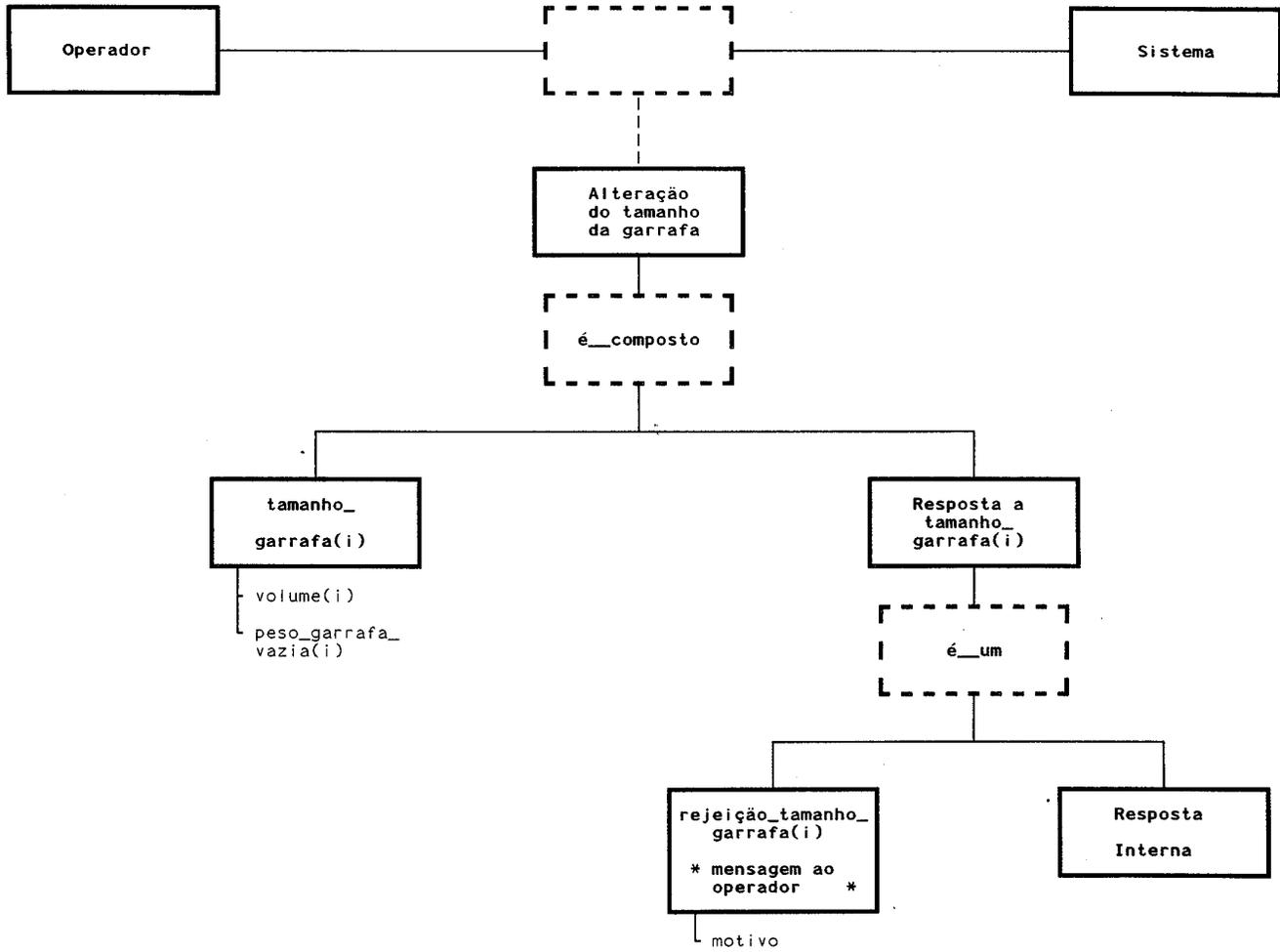
Esquema Semântico - Detalhamento de R7

* evento externo 9 *



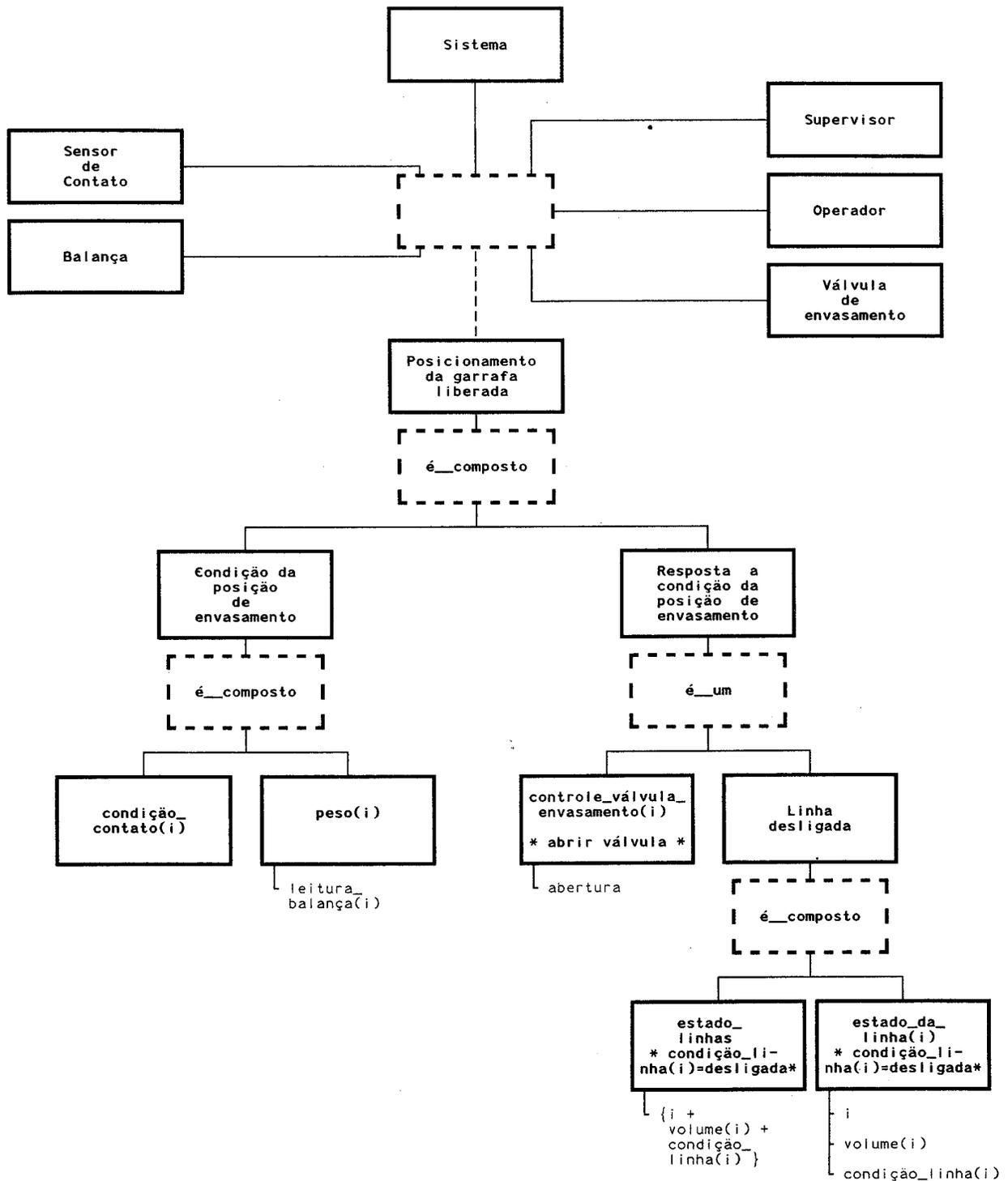
Esquema Semântico - Detalhamento de R8

* evento externo 10 *



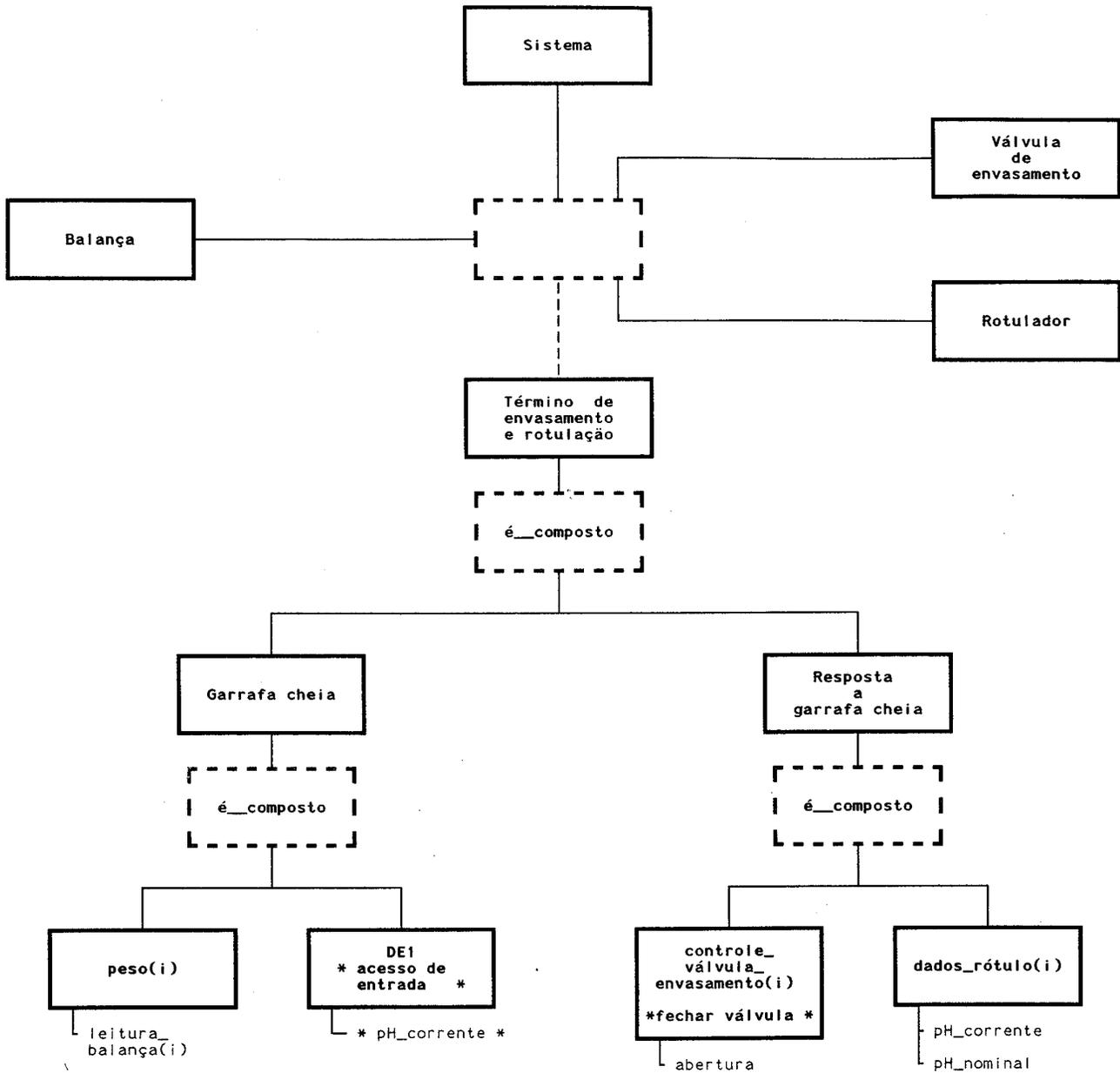
Esquema Semântico - Detalhamento de R9

* eventos externos 11 e 12 *



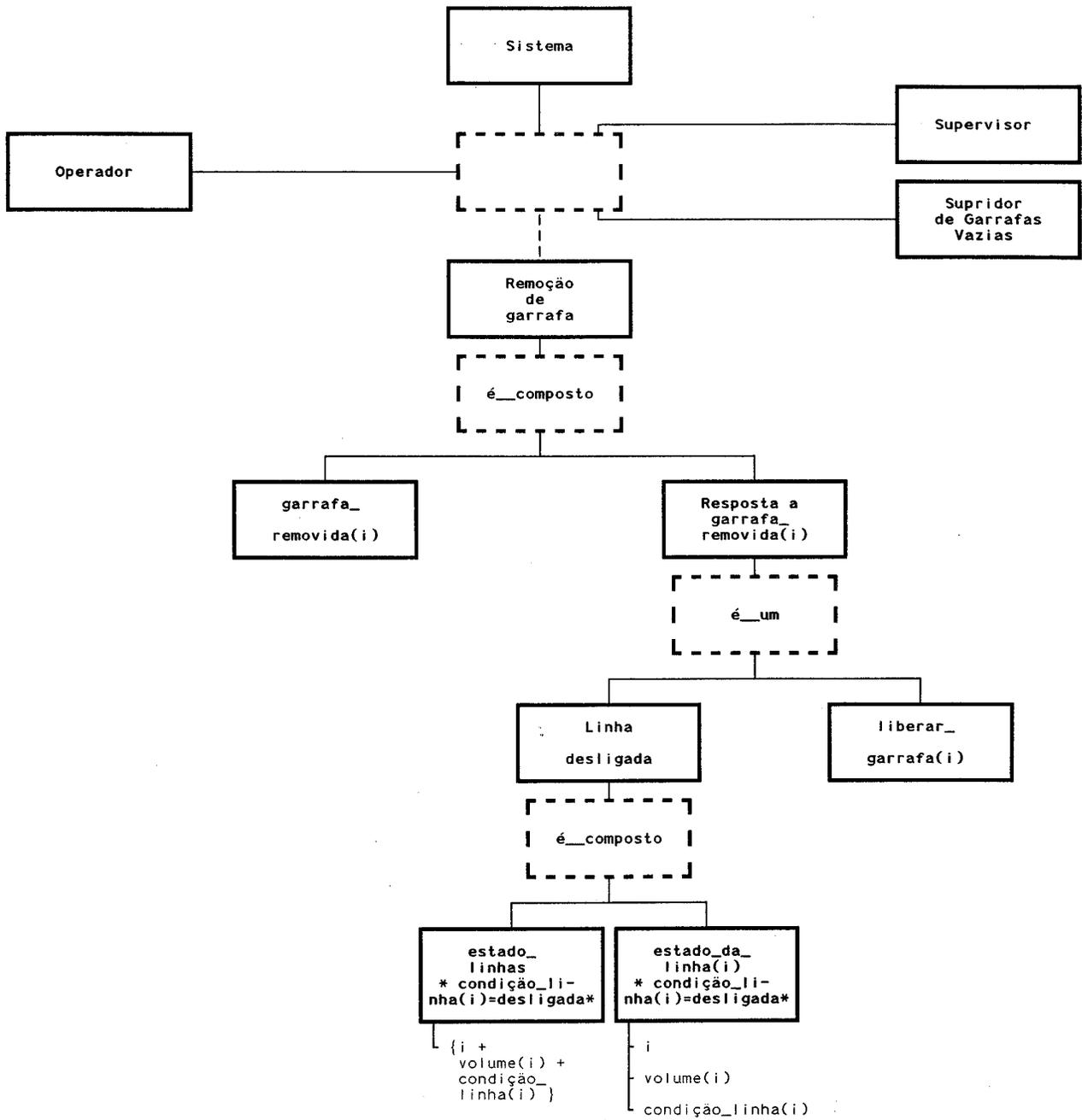
Esquema Semântico - Detalhamento de R10

* evento externo 13 *



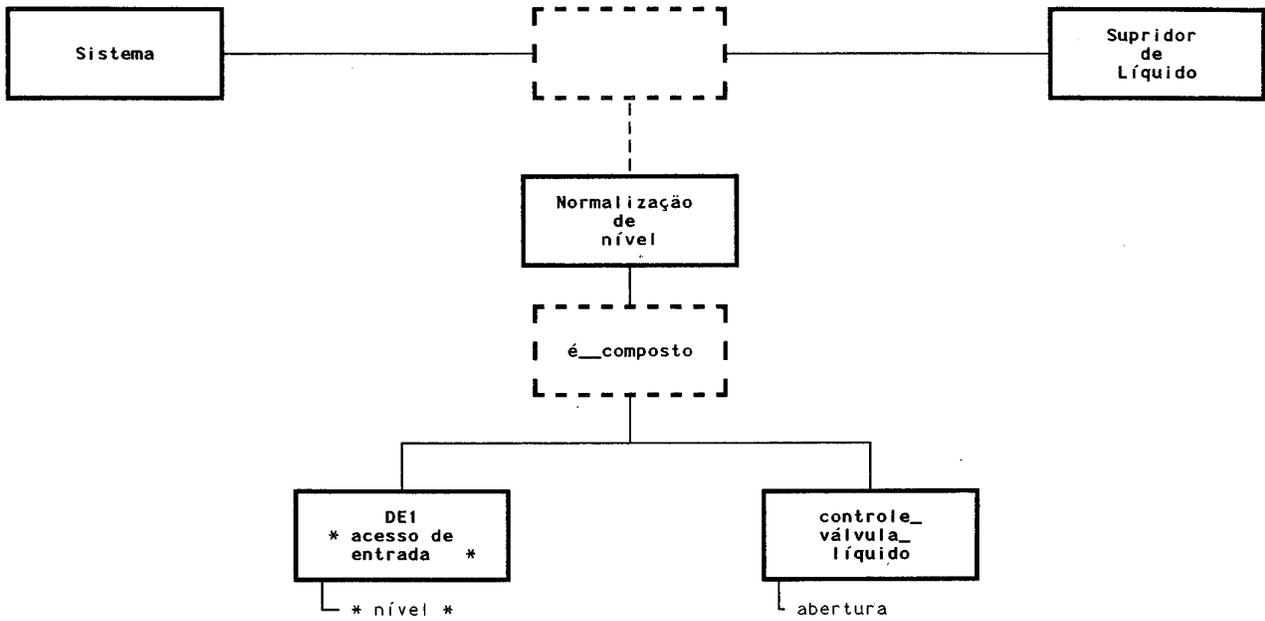
Esquema Semântico - Detalhamento de R11

* evento externo 14 *



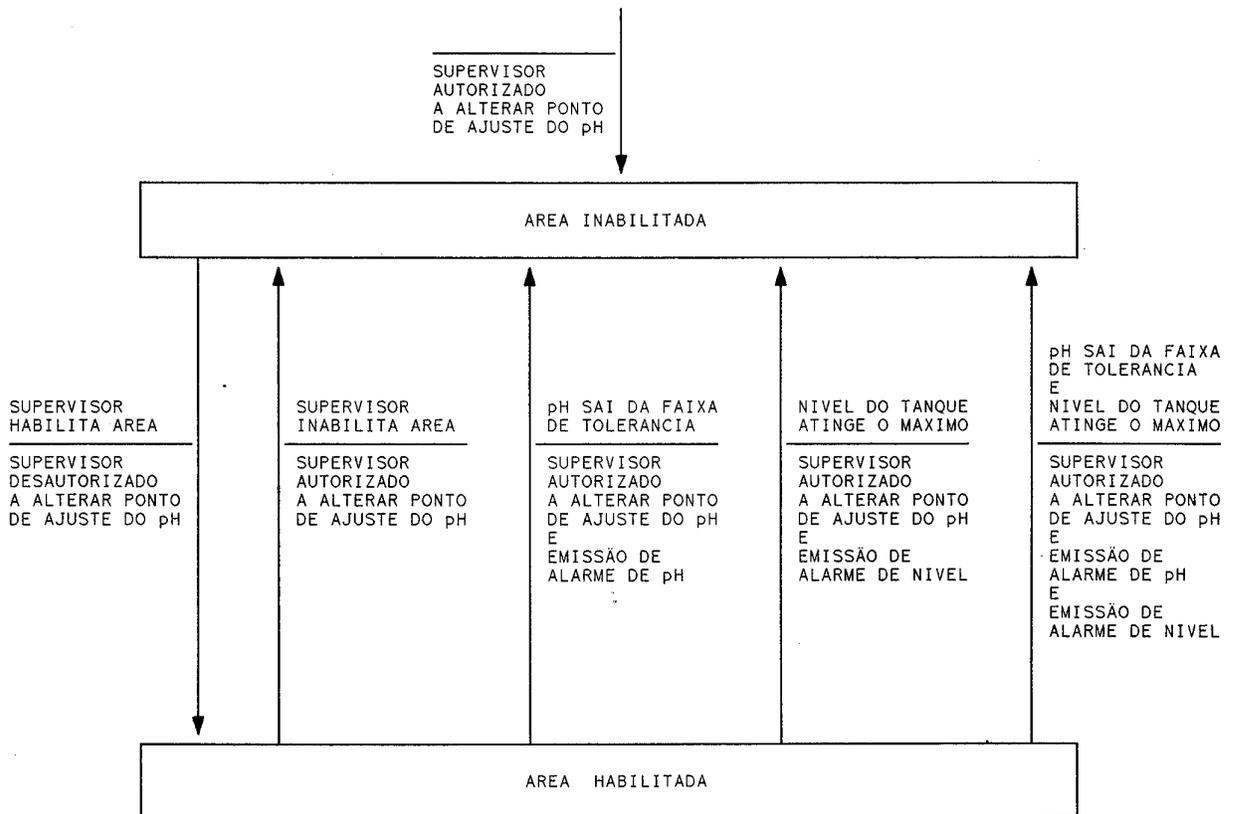
Esquema Semântico - Detalhamento de R12

* eventos externos 16 e 17 *

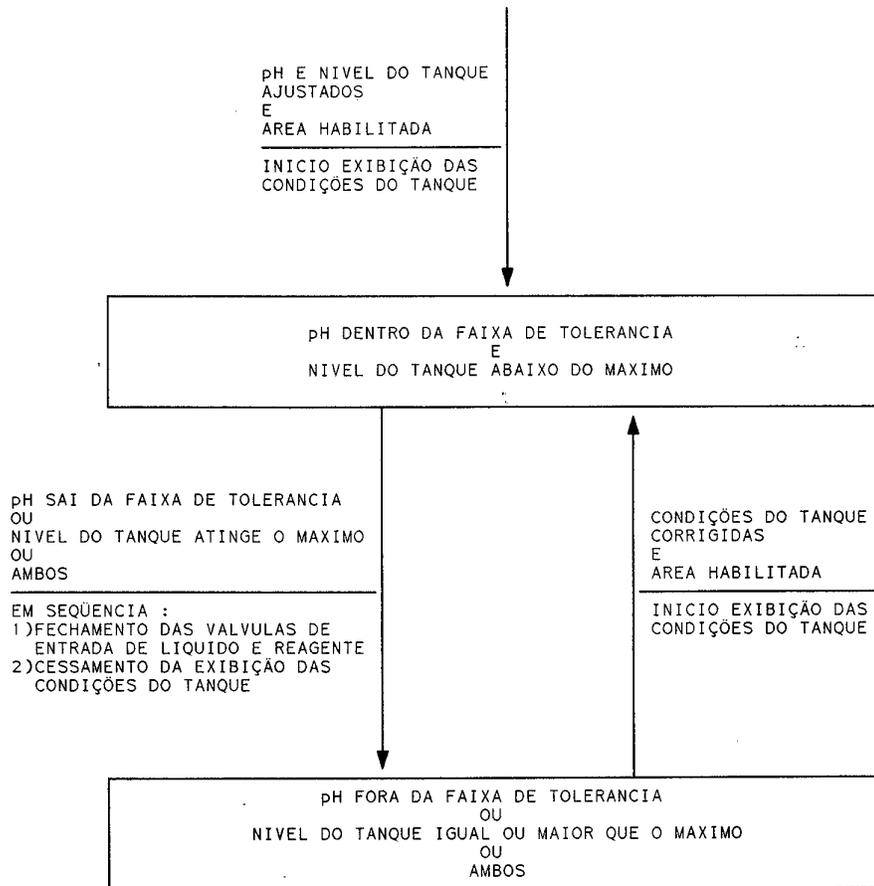


2.1.2.3. Esquema da Dinâmica

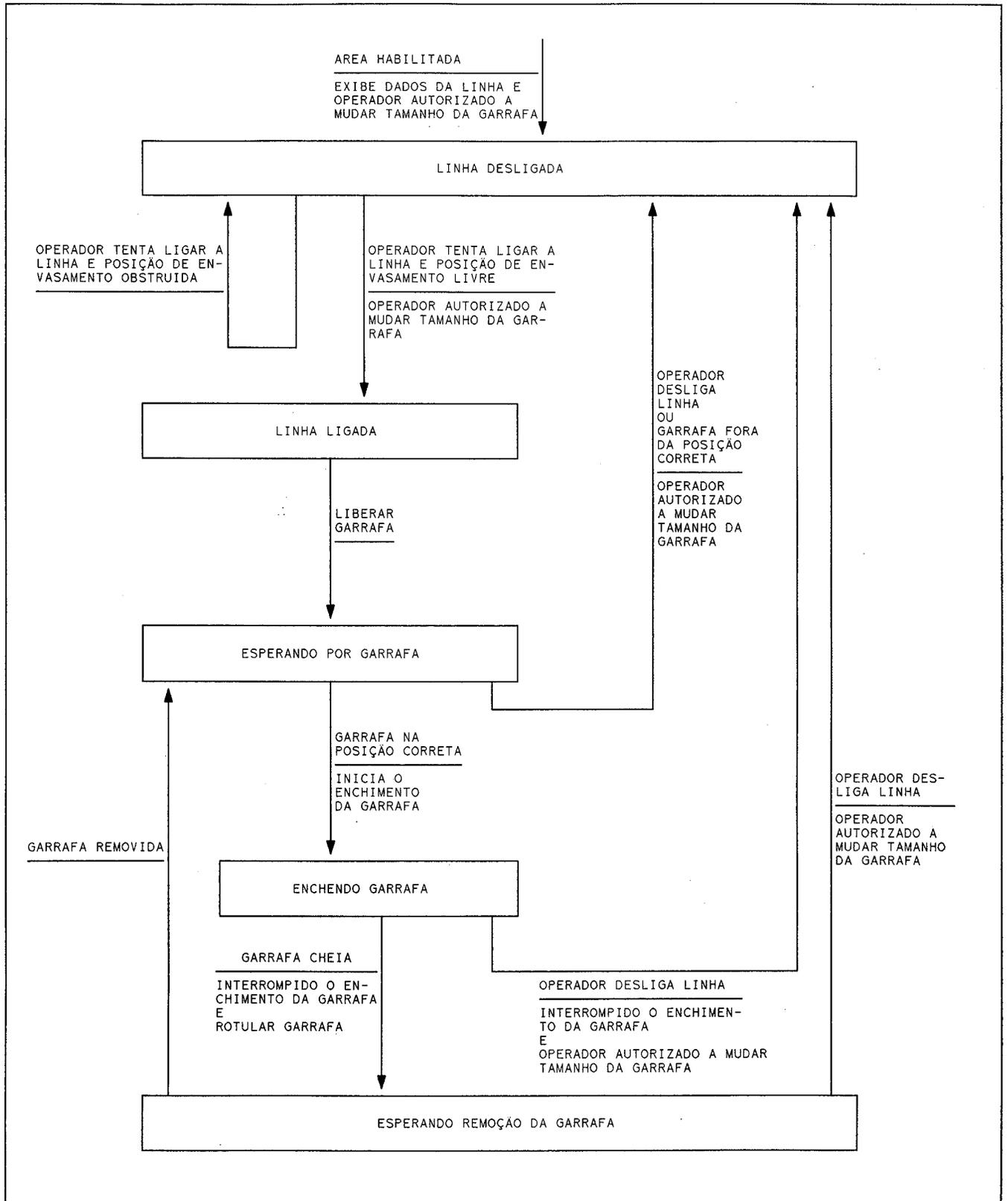
Esquema da Dinâmica n.1 - Controle da Area



Esquema da Dinâmica n.2
Controle das Condições do Tanque



Esquema da Dinâmica n.3
Controle de Linha de Engarrafamento



2.1.3. Tabela de Verificação de Consistência

evento	estímulo	acesso_entrada	resposta
1	habilitar_área	* pH_corrente * + * nível * (DE1)	Emissão de fluxos contínuos (condições_tanque + estado_linhas + estado_da_linha(i) + controle_válvula_líquido + controle_válvula_reagente)
2	inabilitar_área		Fechamento de válvulas (controle_válvula_líquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_ensasamento(i)) + Interrupção de fluxos contínuos (condições_tanque + estado_linhas + estado_da_linha(i) + controle_válvula_líquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_ensasamento(i))
3	ajuste_pH		(interna) rejeição_ajuste_pH
4	valor específico do pH	* pH_corrente * (DE1)	controle_válvula_reagente
5	valor específico do pH	* pH_corrente * (DE1)	Fechamento de válvulas (controle_válvula_líquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_ensasamento(i)) + Interrupção de fluxos contínuos (condições_tanque + estado_linhas + estado_da_linha(i) + controle_válvula_líquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_ensasamento(i)) + (Anomalia simples (anomalia_pH anomalia_nível_tanque) Anomalia composta (anomalia_pH + anomalia_nível_tanque))

evento	estímulo	acesso_entrada	resposta
6	valor específico do pH	* pH_corrente * (DE1)	Fechamento de válvulas (controle_válvula_líquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_ensasamento(i)) + Interrupção de fluxos contínuos (condições_tanque + estado_linhas + estado_da_linha(i) + controle_válvula_líquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_ensasamento(i)) + (Anomalia simples (anomalia_pH anomalia_nível_tanque) Anomalia composta (anomalia_pH + anomalia_nível_tanque))
7	valor específico do pH	* pH_corrente * (DE1)	controle_válvula_reagente
8	ligar_linha(i)		(estado_linhas + estado_da_linha(i) + liberar_garrafa(i)) Inalteração do estado da linha
9	desligar_linha(i)		estado_linhas + estado_da_linha(i)
10	tamanho_garrafa(i)		(interna) rejeição_tamanho_garrafa(i)
11	valores específicos dos fluxos condição_contato(i) e peso(i)		controle_válvula_ensasamento(i)
12	valores específicos dos fluxos condição_contato(i) e peso(i)		estado_linhas + estado_da_linha(i)
13	valor específico do fluxo peso(i)	* pH_corrente * (DE1)	controle_válvula_ensasamento(i) + dados_rótulo(i)
14	garrafa_removida(i)		(estado_linhas + estado_da_linha(i)) liberar_garrafa(i)

evento	estímulo	acesso_entrada	resposta
15	valor específico do nível do tanque	* nível * (DE1)	Fechamento de válvulas (controle_válvula_líquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_ensasamento(i)) + Interrupção de fluxos contínuos (condições_tanque + estado_linhas + estado_da_linha(i) + controle_válvula_líquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_ensasamento(i)) + (Anomalia simples (anomalia_pH [anomalia_nível_tanque) Anomalia composta (anomalia_pH + anomalia_nível_tanque))
16	valor específico do nível	* nível * (DE1)	controle_válvula_líquido
17	valor específico do nível	* nível * (DE1)	controle_válvula_líquido

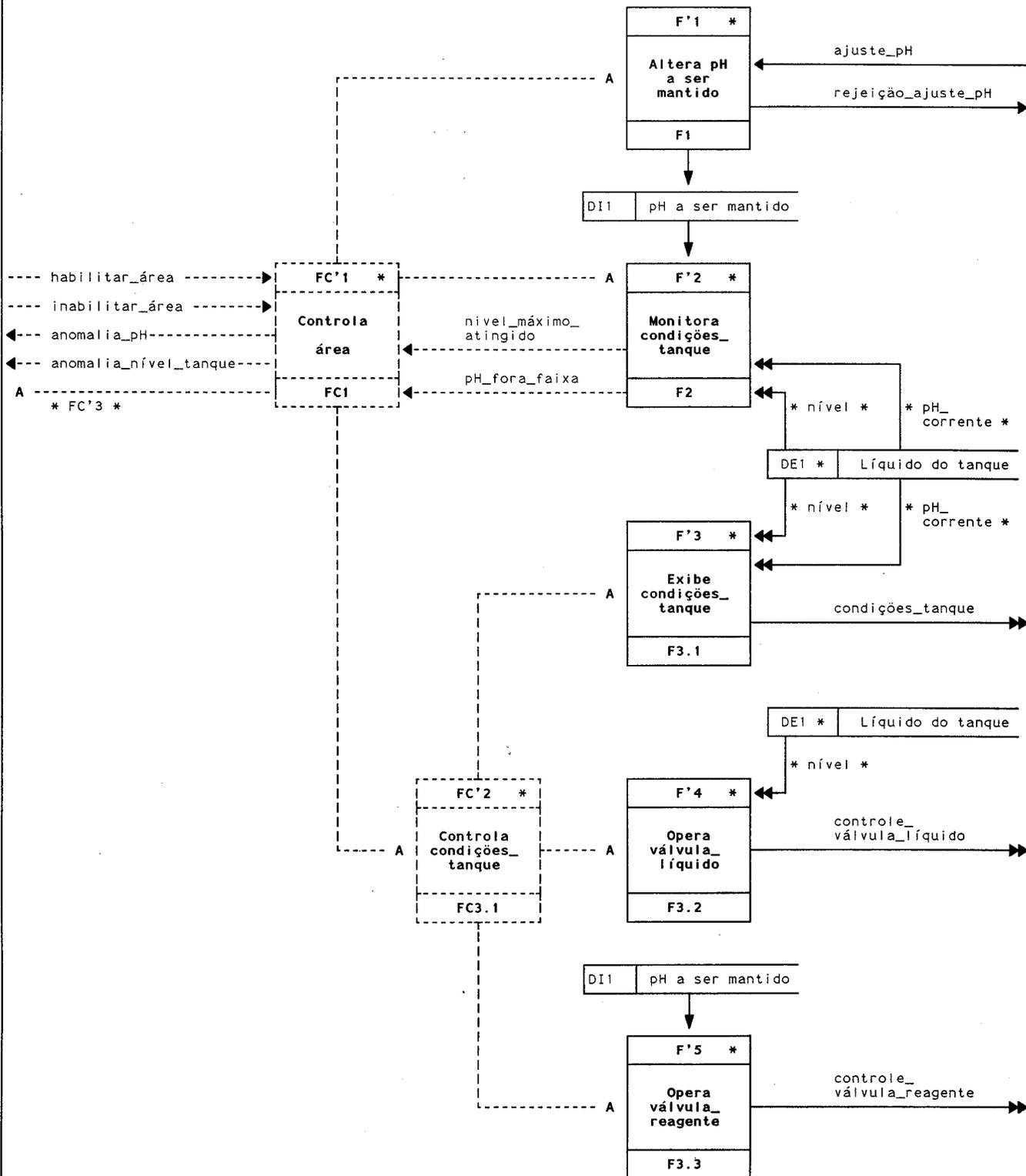
2.2. Modelo do Comportamento

2.2.1 Modelo de Atividade

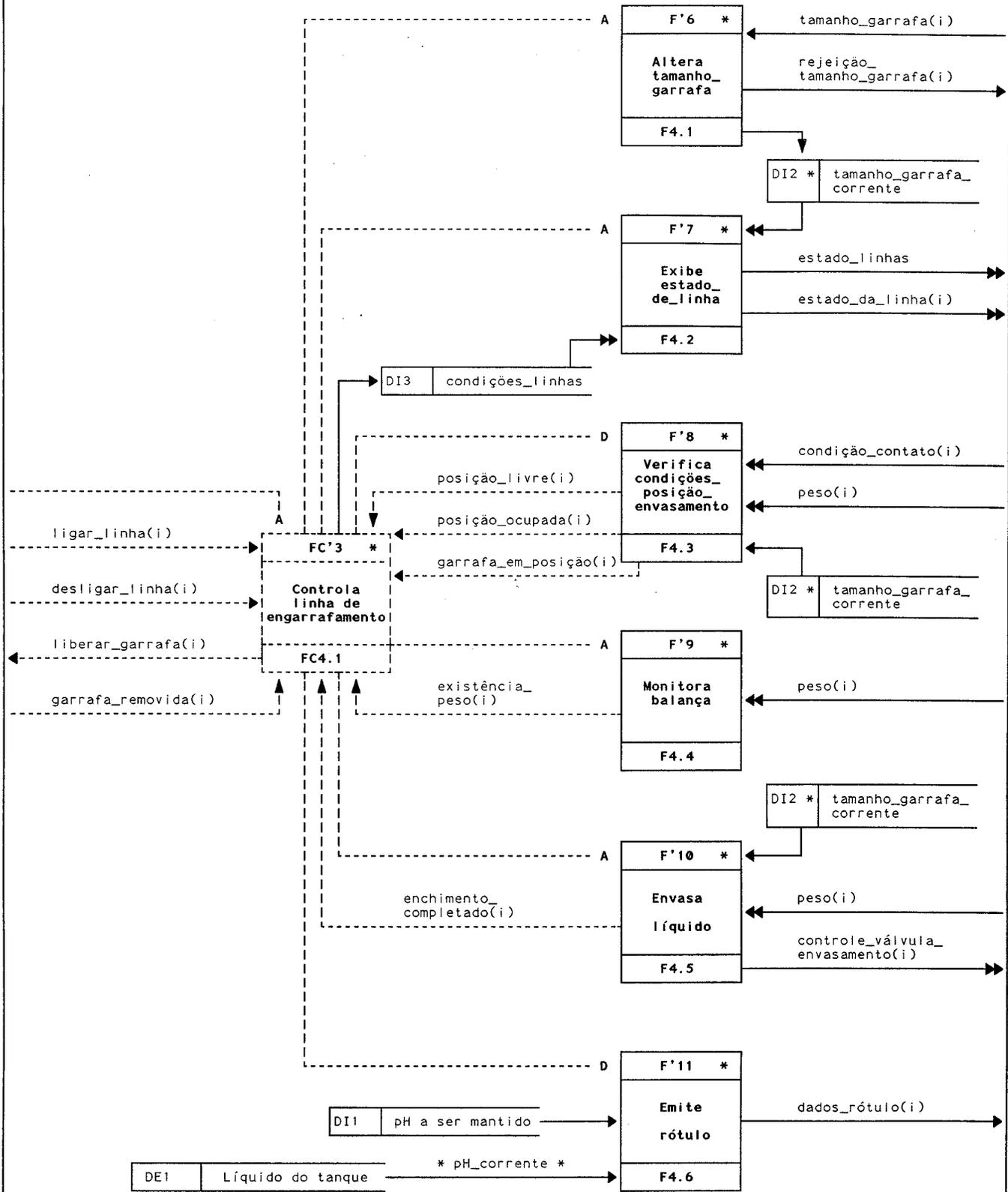
2.2.1.1. Seção Esquemática

2.2.1.1.1. Esquema das Atividades Essenciais

MODELO DO COMPORTAMENTO - ESQUEMA DAS ATIVIDADES ESSENCIAIS



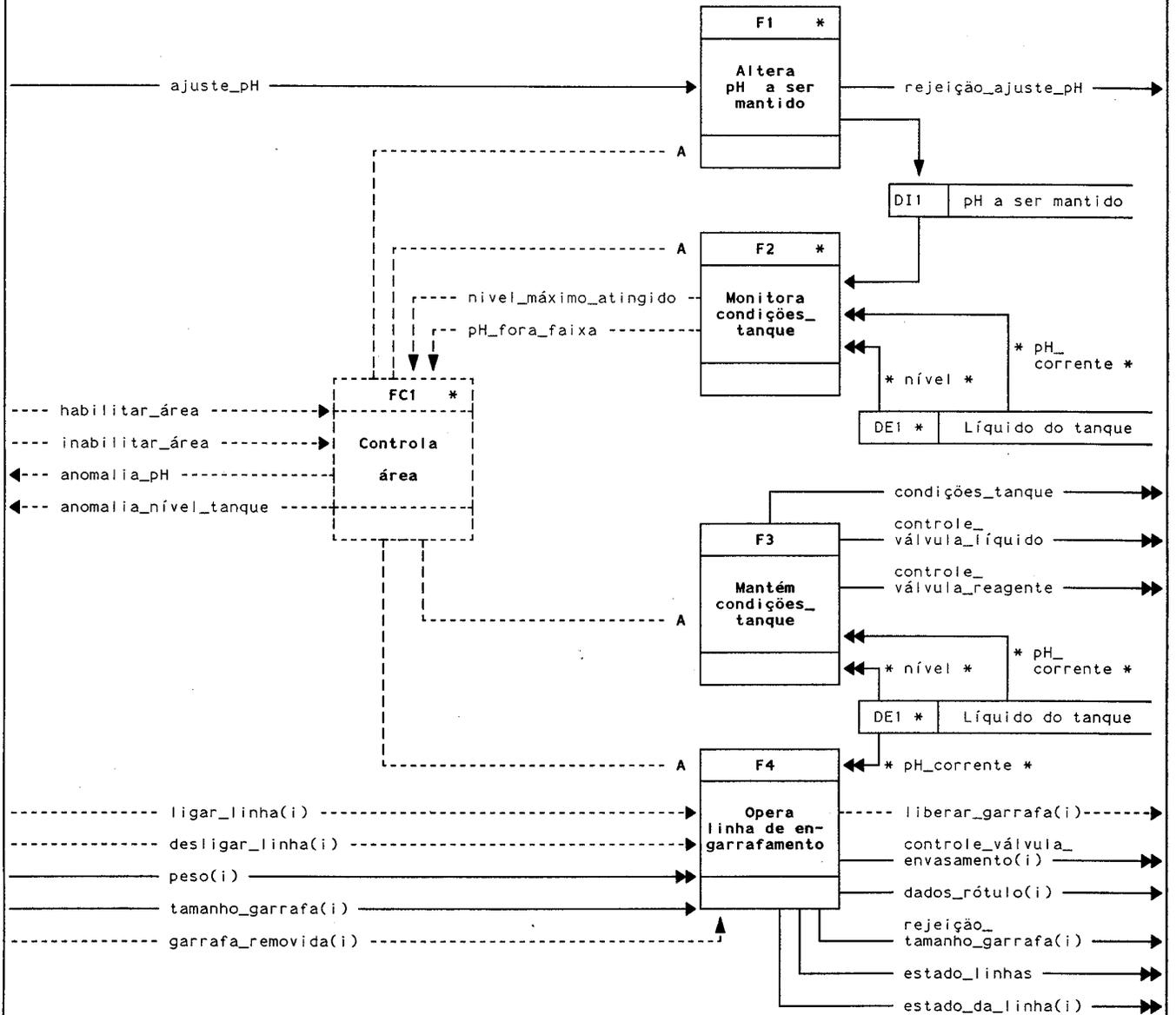
MODELO DO COMPORTAMENTO - ESQUEMA DAS ATIVIDADES ESSENCIAIS (continuação)



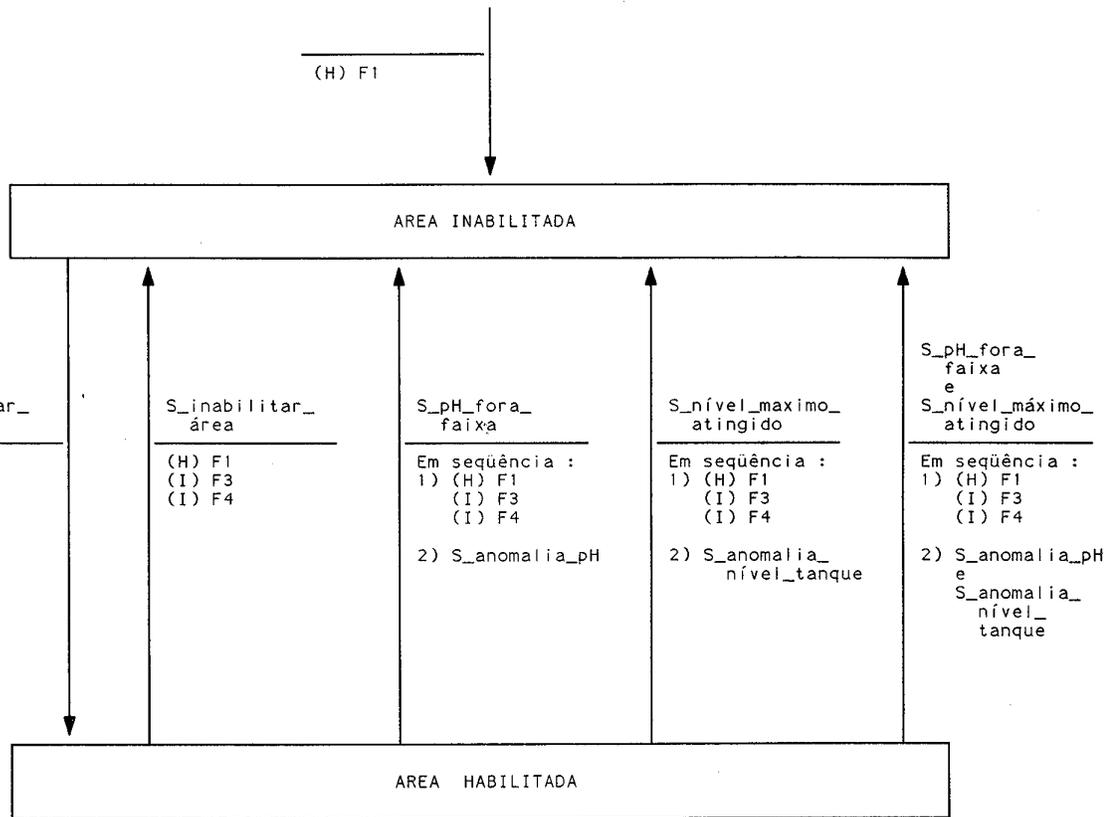
2.2.1.1.2. Organização Hierárquica das Atividades Essenciais

NIVEL DE SISTEMA DO ESQUEMA DAS ATIVIDADES ESSENCIAIS

Detalhamento de F0 - Sistema de Controle de Linhas de Engarrafamento

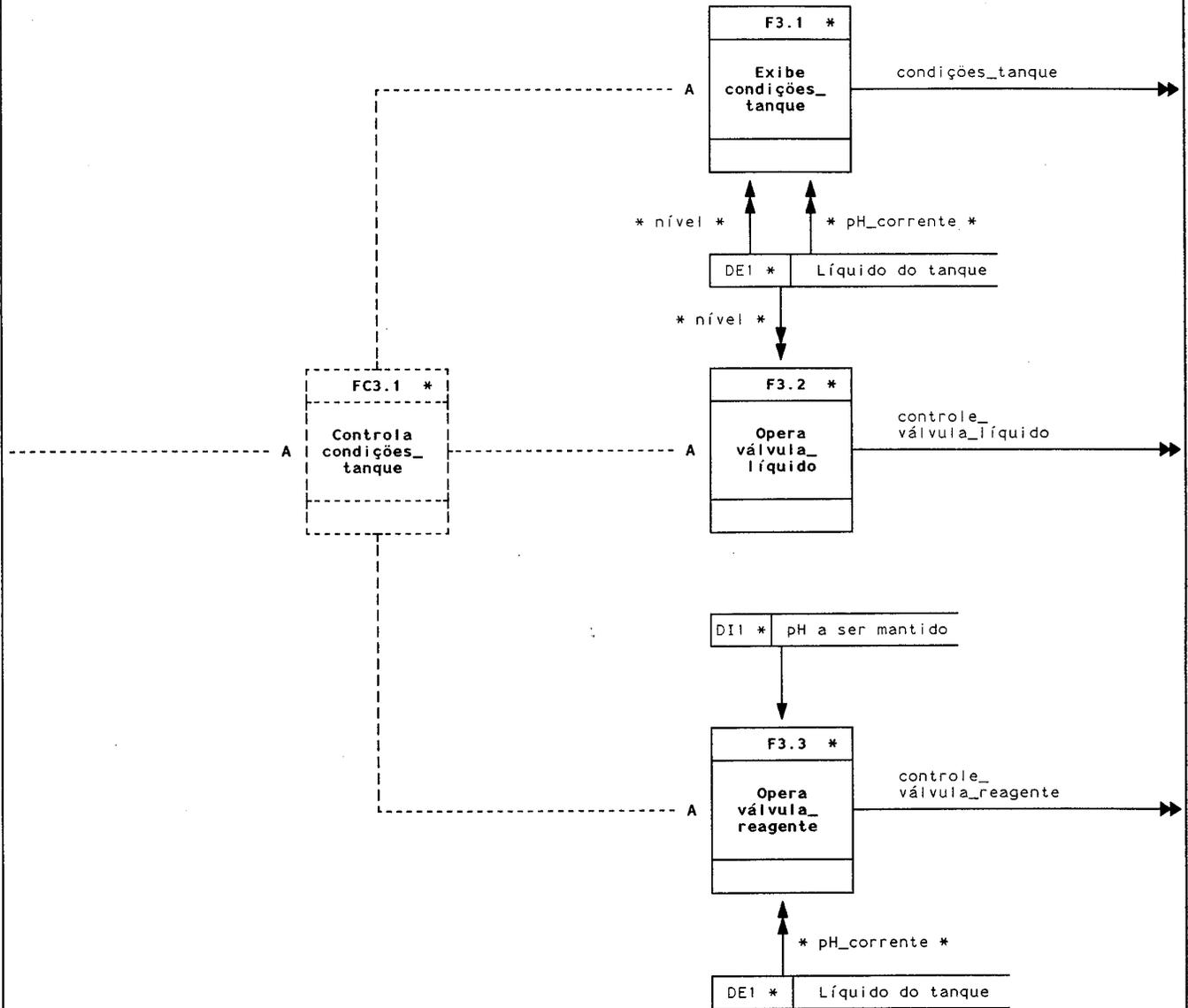


Especificação de FC1 - Controla área

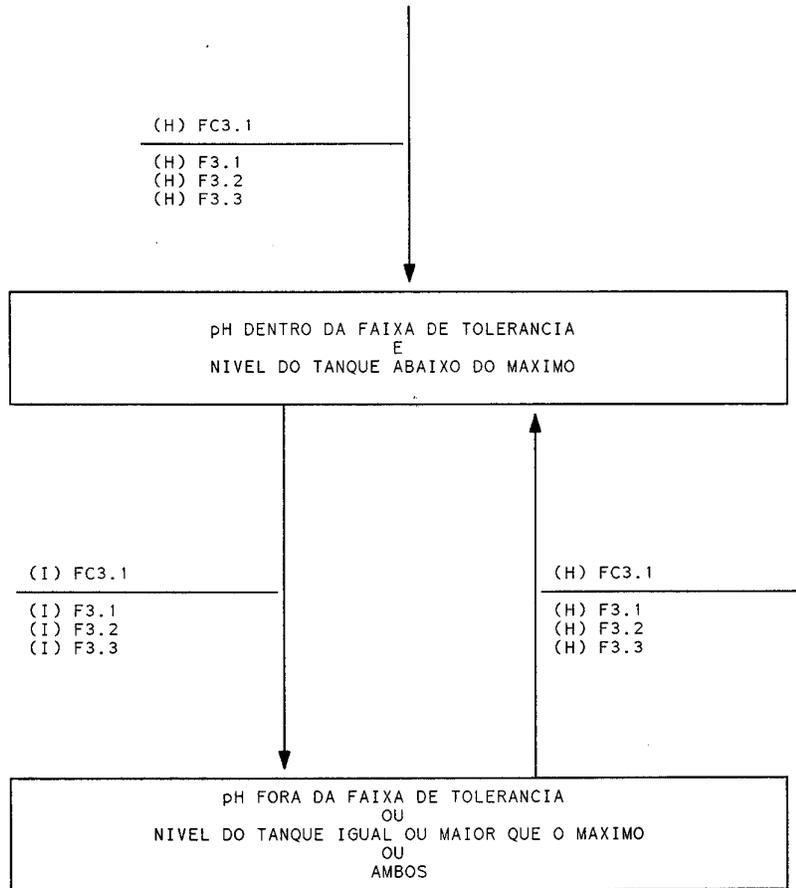


NIVEL DE SUBSISTEMA DO ESQUEMA DAS ATIVIDADES ESSENCIAIS

Detalhamento de F3 - Mantém condições_tanque

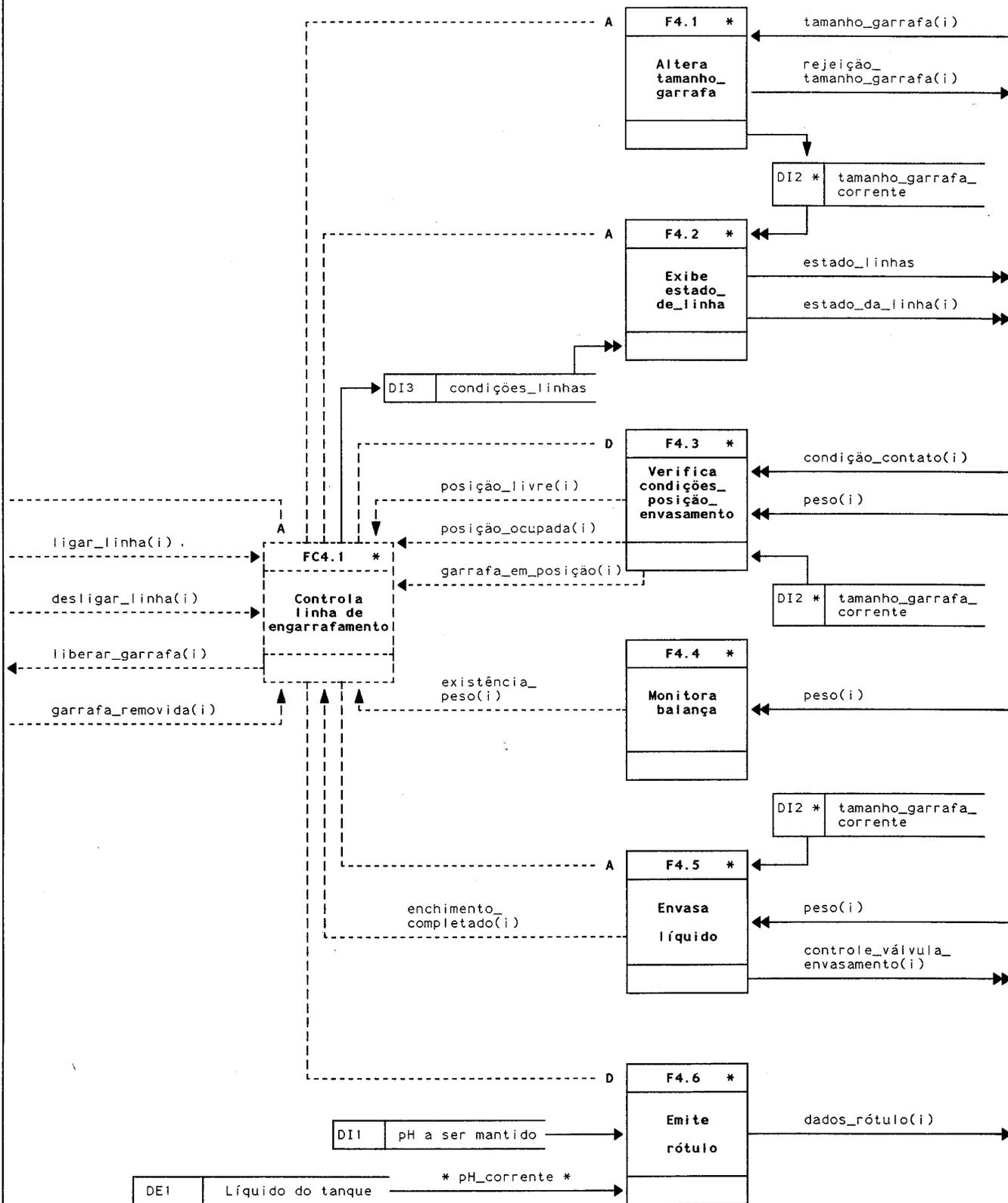


Especificação de FC3.1 - Controla condições_tanque

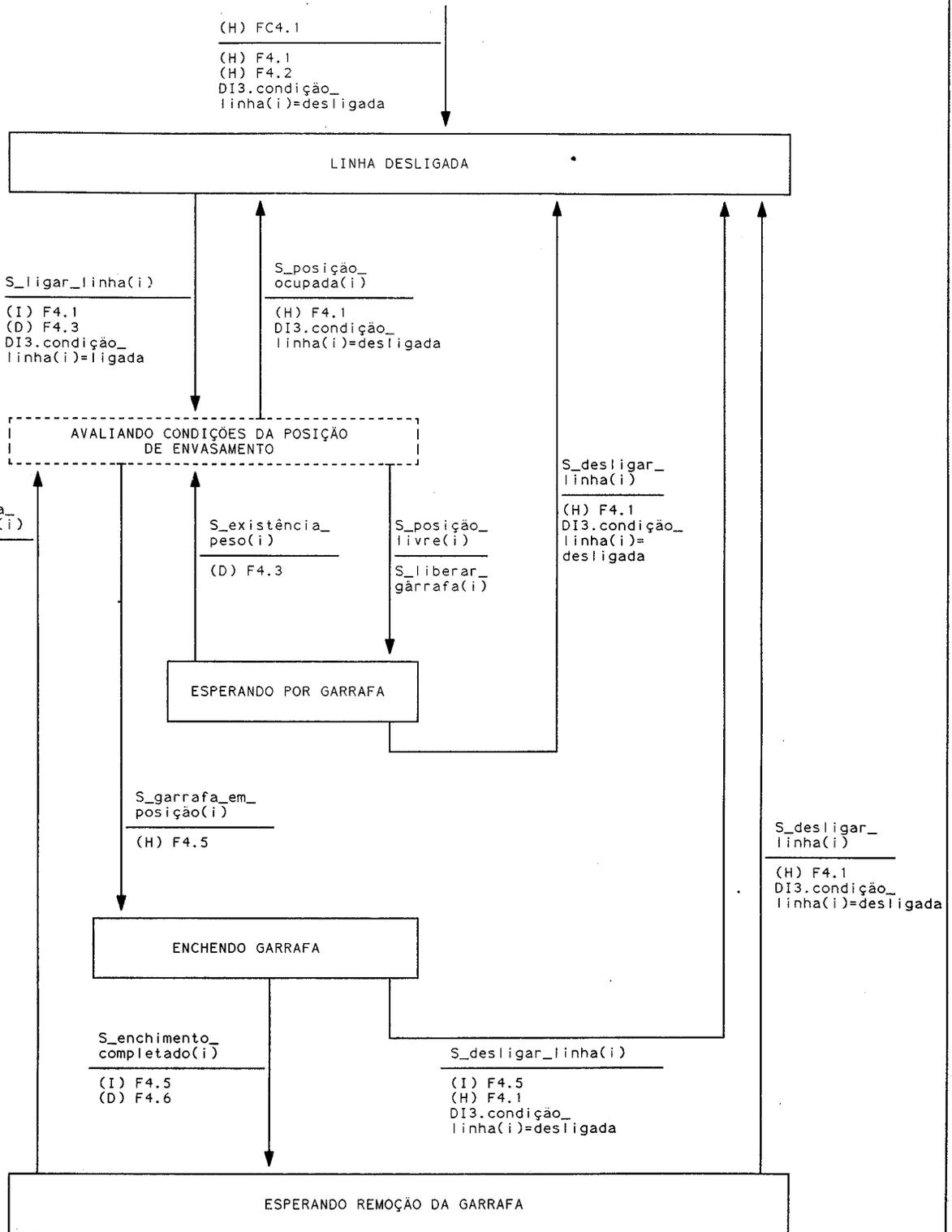


NIVEL DE SUBSISTEMA DO ESQUEMA DAS ATIVIDADES ESSENCIAIS

Detalhamento de F4 - Opera linha de engarrafamento



Especificação de FC4.1 - Controla linha de engarrafamento



2.2.1.2. Seção Detalhada

2.2.1.2.1. Seção de Definições Globais

- 1) De modo geral, a apresentação de uma pré/pós-condição procura seguir, aproximadamente, a sintaxe de uma linguagem de primeira ordem.
- 2) O termo extra-lógico SUBSTITUÍDO PELO significa a modificação do valor de um elemento de dado de um depósito interno, o qual passa a possuir o valor do atributo do elemento de modelagem que segue o termo.
- 3) As expressões " * pH_corrente * " e " * nível * " designam, respectivamente, comentários destinados a esclarecer que, de alguma forma, o sistema será capaz de obter, através de acesso de entrada ao depósito externo DE1_Líquido do tanque, os valores do pH corrente e nível do líquido que se encontra no tanque.

2.2.1.2.2. Descrição Detalhada das Atividades Primitivas

2.2.1.2.2.1. Lista de Pré/Pós-Condições

F1 - Altera pH a ser mantido

Seção de Definições Locais

Cláusulas :

C1_novo_pH_válido

"FDD_ajuste_pH" TALQUE <0

<1 valor de "FDD_ajuste_pH.ED_novo_pH" >= valor correspondente a
pH_mínimo de "ED_pH_nominal" 1>

E

<1 valor de "FDD_ajuste_pH.ED_novo_pH" <= valor correspondente a
pH_máximo de "ED_pH_nominal" 1> 0>

C2_pH_a_ser_mantido_atualizado

valor de "DI1_pH a ser mantido.ED_pH_nominal" SUBSTITUÍDO PELO valor
de "FDD_ajuste_pH.ED_novo_pH"

Lista de pré/pós-condições

=> pré-condição 1 : -

HABILITADA

E

C1_novo_pH_válido

=> pós-condição 1 : -

C2_pH_a_ser_mantido_atualizado

E

NÃO "FDD_rejeição_ajuste_pH"

=> pré-condição 2 : -

HABILITADA

E

NÃO C1_novo_pH_válido

=> pós-condição 2 : -

"FDD_rejeição_ajuste_pH"

E

NÃO C2_pH_a_ser_mantido_atualizado

=> pré-condição 3 : -

INABILITADA

=> pós-condição 3 : -

NÃO <0 "FDD_rejeição_ajuste_pH"

E

C2_pH_a_ser_mantido_atualizado 0>

F2 - Monitora condições_tanque

Seção de Definições Locais

- 1) "erro_pH" designa o valor máximo aceitável de afastamento do pH do líquido do tanque em relação ao ponto de ajuste.
- 2) "nível_máximo" designa o valor do nível do líquido no tanque que sinaliza início de transbordamento.

3) Cláusulas :

C1_pH_anormal

* pH_corrente * TALQUE <0

<1 * pH_corrente * > (valor de "DI1_pH a ser mantido_ED_pH_nominal"
+ erro_pH) 1>

OU

<1 * pH_corrente * < (valor de "DI1_pH a ser mantido_ED_pH_nominal"
- erro_pH) 1>
0>

C2_nível_anormal

* nível * >= nível_máximo

Lista de pré/pós-condições

=> pré-condição 1 : -

HABILITADA

E

C1_pH_anormal

E

NÃO C2_nível_anormal

=> pós-condição 1 : -
"S_pH_fora_faixa"
E
NÃO "S_nível_máximo_atingido"

=> pré-condição 2 : -
HABILITADA
E
NÃO C1_pH_anormal
E
C2_nível_anormal

=> pós-condição 2 : -
"S_nível_máximo_atingido"
E
NÃO "S_pH_fora_faixa"

=> pré-condição 3 : -
HABILITADA
E
C1_pH_anormal
E
C2_nível_anormal

=> pós-condição 3 : -

"S_pH_fora_faixa"

E

"S_nível_máximo_atingido"

=> pré-condição 4 : -

INABILITADA

=> pós-condição 4 : -

NÃO <0 "S_pH_fora_faixa" E "S_nível_máximo_atingido" 0>

F3.1 - Exibe condições_tanque

Lista de pré/pós-condições

=> pré-condição 1 : -

HABILITADA

=> pós-condição 1 : -

"FDC_condições_tanque" TALQUE <0

<1 valor de "FDC_condições_tanque.ED_pH_corrente" =

* pH_corrente * 1>

E

<1 valor de "FDC_condições_tanque.ED_nível" = * nível * 1> 0>

=> pré-condição 2 : -

INABILITADA

=> pós-condição 2 : -

NÃO "FDC_condições_tanque"

F3.2 - Opera válvula_líquido

Seção de Definições Locais

"nível_padrão" designa o nível ideal para a reação do líquido no tanque que o sistema procura manter.

Lista de pré/pós-condições

=> pré-condição 1 : -

HABILITADA

E

* nível * < valor correspondente ao nível_padrão

=> pós-condição 1 : -

"FDC_controle_válvula_líquido" TALQUE <0

valor de "FDC_controle_válvula_líquido.ED_abertura" = valor
correspondente a abertura_máxima 0>

=> pré-condição 2 :-

HABILITADA

E

* nível * >= valor correspondente ao nível_padrão

=> pós-condição 2 : -

"FDC_controle_válvula_líquido" TALQUE <0

valor de "FDC_controle_válvula_líquido.ED_abertura" = valor
correspondente à abertura_mínima 0>

=> pré-condição 3 : -

INABILITADA

=> pós-condição 3 : -

EM SEQUÊNCIA :

- 1) "FDC_controle_válvula_líquido" TALQUE <0
valor de "FDC_controle_válvula_líquido.ED_abertura" = valor
correspondente à abertura_mínima 0>
- 2) NÃO "FDC_controle_válvula_líquido"

F3.3 - Opera válvula_reagente

Lista de pré/pós-condições

=> pré-condição 1 : -

HABILITADA

E

<0 * pH_corrente * < valor de "DI1_pH a ser mantido.ED_pH_
nominal" 0>

=> pós-condição 1 : -

"FDC_controle_válvula_reagente" TALQUE <0

valor de "FDC_controle_válvula_reagente.ED_abertura" = valor
correspondente a abertura_máxima 0>

=> pré-condição 2 :-

HABILITADA

E

<0 * pH_corrente * >= valor de "DI1_pH a ser mantido.ED_pH_
nominal" 0>

=> pós-condição 2 :-

"FDC_controle_válvula_reagente" TALQUE <0

valor de "FDC_controle_válvula_reagente.ED_abertura" = valor
correspondente a abertura_mínima 0>

=> pré-condição 3 : -

INABILITADA

=> pós-condição 3 : -

EM SEQUÊNCIA :

- 1) "FDC_controle_válvula_reagente" TALQUE <0
valor de "FDC_controle_válvula_reagente.ED_abertura" = valor
correspondente à abertura_mínima 0>
- 2) NÃO "FDC_controle_válvula_reagente"

F4.1 - Altera tamanho_garrafa

Seção de Definições Locais

Cláusulas :

C1_novo_tamanho_válido

"FDD_tamanho_garrafa(i)" TALQUE <0

<1 valor de "FDD_tamanho_garrafa(i).ED_volume(i)" >= valor
correspondente a volume_mínimo de "ED_volume(i)" 1>

E

<1 valor de "FDD_tamanho_garrafa(i).ED_volume(i)" <= valor
correspondente a volume_máximo de "ED_volume(i)" 1>

E

<1 valor de "FDD_tamanho_garrafa(i).ED_peso_garrafa_vazia(i)" >=
valor correspondente a peso_mínimo de "ED_volume(i)" 1>

E

<1 valor de "FDD_tamanho_garrafa(i).ED_peso_garrafa_vazia(i)" <=
valor correspondente a peso_mínimo de "ED_volume(i)" 1> 0>

C2_tamanho_garrafa_corrente_atualizado

<1 valor de "DI2_tamanho_garrafa_corrente.ED_volume(i)" SUBSTITUÍDO
PELO valor de "FDD_tamanho_garrafa(i).ED_volume(i)" 1>

E

<1 valor de "DI2_tamanho_garrafa_corrente.ED_peso_garrafa_vazia(i)"
SUBSTITUÍDO PELO valor de "FDD_tamanho_garrafa(i).ED_peso_garrafa_
vazia(i)" 1>

Lista de pré/pós-condições

=> pré-condição 1 : -

HABILITADA

E

C1_novo_tamanho_válido

=> pós-condição 1 : -

C2_tamanho_garrafa_corrente_atualizado

E

NÃO "FDC_rejeição_tamanho_garrafa(i)"

=> pré-condição 2 : -

HABILITADA

E

NÃO C1_novo_tamanho_válido

=> pós-condição 2 : -

"FDD_rejeição_tamanho_garrafa(i)"

E

NÃO C2_tamanho_garrafa_atualizado

=> pré-condição 3 : -

INABILITADA

=> pós-condição 3 : -

NÃO <0 "FDD_rejeição_tamanho_garrafa(i)"

E

C2_tamanho_garrafa_atualizado 0>

F4.2 - Exibe estado_de_linha

----- Lista de pré/pós-condições -----

=> pré-condição 1 : -

HABILITADA

=> pós-condição 1 : -

"FDC_estado_linha" TALQUE PARA TODO i <0

<1 valor de "FDC_estado_linhas.ED_i" = valor de "ED_i" 1>

E

<1 valor de "FDC_estado_linhas.ED_volume(i)" = valor de
"DI2_tamanho_garrafa_corrente.ED_volume(i)" 1>

E

<1 valor de "FDC_estado_linhas.ED_condição_linha(i)" =
valor de "DI3_condições_linhas.ED_condição_linha(i)" 1> 0>

E

"FDC_estado_da_linha(i)" TALQUE <0

<1 valor de "FDC_estado_da_linha(i).ED_i" = valor de "ED_i" 1>

E

<1 valor de "FDC_estado_da_linha(i).ED_volume(i)" = valor de
"DI2_tamanho_garrafa_corrente.ED_volume(i)" 1>

E

<1 valor de "FDC_estado_da_linha(i).ED_condição_linha(i)" =
valor de "DI3_condições_linhas.ED_condição_linha(i)" 1> 0>

=> pré-condição 2 : -

INABILITADA

=> pós-condição 2 : -

NÃO <0 "FDC_estado_linhas" E "FDC_estado_da_linha(i)" 0>

F4.3 - Verifica condição_posição_envasamento

Seção de Definições Locais

Cláusulas :

C1_posição_livre

"FDC_condição_contato(i)" TALQUE <0
valor de "FDC_condição_contato(i)" não acusa existência de garrafa na
posição de envasamento 0>

E

"FDC_peso(i)" TALQUE <0
valor de "FDC_peso(i).leitura_balança" não acusa qualquer peso sobre a
balança 0>

C2_garrafa_em_posição

"FDC_condição_contato(i)" TALQUE <0
valor de "FDC_condição_contato(i)" acusa existência de garrafa na
posição de envasamento 0>

E

"FDC_peso(i)" TALQUE <0
valor de "FDC_peso(i).leitura_balança" = "DI2_tamanho_garrafa_
corrente.ED_peso_garrafa_vazia(i)" 0>

Lista de pré/pós-condições

=> pré-condição 1 : -

DISPARADA

E

C1_posição_livre

=> pós-condição 1 : -

"S_posição_livre(i)"

E

NÃO <0 "S_posição_ocupada(i)" E "S_garrafa_em_posição(i)" 0>

=> pré-condição 2 : -

DISPARADA

E

C2_garrafa_em_posição

=> pós-condição 2 : -

"S_garrafa_em_posição(i)"

E

NÃO <0 "S_posição_livre(i)" E "S_posição_ocupada(i)" 0>

=> pré-condição 3 : -

DISPARADA

E

NÃO <0 C1_posição_livre E C2_garrafa_em_posição 0>

=> pós-condição 3 : -

"S_posição_ocupada"

E

NÃO <0 "S_posição_livre(i)" E "S_garrafa_em_posição(i)" 0>

F4.4 - Monitora balança

Seção de Definições Locais

Cláusula :

C1_existe_objeto_sobre_a_balança

"FDC_peso(i)" TALQUE <0 valor de "FDC_peso(i).leitura_balança"
acusa a existência de algum objeto sobre a balança 0>

Lista de pré/pós-condições

=> pré-condição 1 : -

HABILITADA

E

C1_existe_objeto_sobre_a_balança

=> pós-condição 1 : -

"S_existência_peso(i)"

=> pré-condição 2 : -

HABILITADA

E

NÃO C1_existe_objeto_sobre_a_balança

=> pós-condição 2 : -

NÃO "S_existência_peso(i)"

=> pré-condição 3 : -

INABILITADA

=> pós-condição 3 : -

NÃO "S_existência_peso(i)"

F4.5 - Envasa líquido

Seção de Definições Locais

"densidade" designa o valor correspondente à densidade do líquido a ser envasado.

Cláusulas :

C1_garrafa_cheia

"FDC_peso(i)" TALQUE <0

valor de "FDC_peso(i).ED_leitura_balança(i)" = (densidade) *
(valor de "DI2_tamanho_garrafa_corrente.ED_volume(i)") 0>

Lista de pré/pós-condições

=> pré-condição 1 : -

HABILITADA

E

NÃO C1_garrafa_cheia

=> pós-condição 1 : -

"FDC_controle_válvula_envasamento(i)" TALQUE <0

valor de "FDC_controle_válvula_envasamento(i).ED_abertura" =
valor correspondente a abertura_máxima 0>

E

NÃO "S_enchimento_completado(i)"

=> pré-condição 2 : -

HABILITADA

E

C1_garrafa_cheia

=> pós-condição 2 : -

"FDC_controle_válvula_envasamento(i)" TALQUE <0

valor de "FDC_controle_válvula_envasamento(i).ED_abertura" =

valor correspondente a abertura_mínima 0>

E

"S_enchimento_completado(i)"

=> pré-condição 3 : -

INABILITADA

=> pós-condição 3 : -

EM SEQUÊNCIA :

1) "FDC_controle_válvula_envasamento(i)" TALQUE <0

valor de "FDC_controle_válvula_envasamento(i).ED_abertura" =

valor correspondente a abertura_mínima 0>

2) NÃO <0 "FDC_controle_válvula_envasamento(i)"

E

"S_enchimento_completado(i)" 0>

F4.6 - Emite rótulo

Lista de pré/pós-condições

=> pré-condição 1 : -

DISPARADA

=> pós-condição 1 : -

"FDD_dados_rótulo(i)" TALQUE <0

<1 valor de "FDD_dados_rótulo(i).ED_pH_corrente" =

* pH_corrente * 1>

E

<1 valor de "FDD_dados_rótulo(i).ED_pH_nominal" = valor de

"DI1_pH a ser mantido.ED_pH_nominal" 1> 0>

2.2.2. Modelo de Informação

2.2.2.1. Seção Detalhada

2.2.2.1.1. Seção de Definições Globais

1) Estrutura do nome de uma entrada do Dicionário de Dados

(identificador|prefixo)_<descriptor do elemento de modelagem, declarado na seção esquemática>, onde :

identificador =	DEn		DIn		EEn	
	DE		---	>		depósito externo
	DI		---	>		depósito interno
	EE		---	>		entidade externa (pertencente ao Esquema Transacional)
	n		=			natural seqüencial

prefixo =	ED	---	>			elemento de dado
	ERS	---	>			entidade raiz de hierarquia semântica presente no Esquema Semântico
	ESS	---	>			entidade subordinada de hierarquia semântica presente no Esquema Semântico
	FDC	---	>			fluxo de dados contínuo
	FDD	---	>			fluxo de dados discreto
	PES	---	>			porção entidade do tipo de relacionamento com atributos do Esquema Semântico
	RCAS	---	>			relacionamento com atributos presente no Esquema Semântico
	RES	---	>			relacionamento presente no Esquema Semântico
	S	---	>			sinal

2) "* pH_corrente *" e "* nível *"

Designam um elemento de modelagem destinado a esclarecer que, de alguma forma, o sistema será capaz de obter, através de acesso de leitura ao depósito externo DE1_Líquido do tanque , os respectivos valores do pH corrente e do nível do líquido que se encontra no tanque.

3) Posição de envasamento

Designa o local de uma linha de engarrafamento no qual uma garrafa vazia é enchida. É o ponto exato do prato da balança em que a garrafa aciona o sensor de contato, ou seja, que a garrafa está precisamente situada sob a saída da válvula de envasamento.

2.2.1.2. Dicionário de Dados

Depósito Externo

NOME	DE1_Líquido do tanque
DEFINIÇÃO	modela a existência de líquido no tanque; as características físico-químicas desse líquido (volume -- nível -- e acidez -- pH --) devem ser monitoradas e controladas.

Depósito Interno

NOME DI1_pH a ser mantido

DEFINIÇÃO modela o valor a ser mantido pelo sistema do pH do líquido do tanque.

COMPOSIÇÃO ED_pH_nominal

NOME DI2_tamanho_garrafa_corrente

DEFINIÇÃO modela o conjunto de valores de volume e peso das garrafas utilizadas em um dado momento nas linhas de engarrafamento.

COMPOSIÇÃO { ED_volume(i) +
ED_peso_garrafa_vazia(i) }

NOME DI3_condições_linhas

DEFINIÇÃO modela o conjunto de estados correntes das linhas de engarrafamento.

COMPOSIÇÃO { ED_condição_linha(i) }

Elemento de Dado

NOME	ED_abertura
DEFINIÇÃO	modela o estágio de abertura de qualquer válvula da área de engarrafamento.
TIPO	domínio = (abertura_mínima .. abertura_máxima)
NOME	ED_condição_linha(i)
DEFINIÇÃO	modela a condição de funcionamento da linha i em um dado momento, podendo assumir valores correspondentes às situações de linha ligada ou desligada.
NOME	ED_i
DEFINIÇÃO	modela a identificação de uma linha.
NOME	ED_leitura_balança(i)
DEFINIÇÃO	modela o valor do peso medido pela balança da linha i.
TIPO	domínio = racional positivo
NOME	ED_motivo_rejeição_ajuste_pH
DEFINIÇÃO	modela motivo pelo qual o ajuste de pH está sendo rejeitado.
NOME	ED_motivo_rejeição_tamanho_garrafa
DEFINIÇÃO	modela motivo pelo qual o novo tamanho de garrafa escolhido pelo operador está sendo rejeitado.
NOME	ED_nível
DEFINIÇÃO	modela o valor do nível corrente do líquido no tanque.
TIPO	domínio = racional positivo

NOME ED_novo_pH
 DEFINIÇÃO modela novo valor do pH do líquido do tanque que deverá ser mantido pelo sistema.
 TIPO domínio = racional não-negativo

NOME ED_peso_garrafa_vazia(i)
 DEFINIÇÃO modela o valor do peso da garrafa vazia utilizada em um dado momento na linha i.
 TIPO domínio = (peso_mínimo .. peso_máximo)
 unidade = quilo

NOME ED_pH_corrente
 DEFINIÇÃO modela o valor do pH corrente do líquido do tanque.
 TIPO domínio = (pH_mínimo .. pH_máximo)
 * pH_mínimo = 0 , pH_máximo = 14 *

NOME ED_pH_nominal
 DEFINIÇÃO modela valor do ajuste de pH a ser impresso no rótulo.
 TIPO domínio = (pH_mínimo .. pH_máximo)
 * pH_mínimo = 0 , pH_máximo = 14 *

NOME ED_volume(i)
 DEFINIÇÃO modela capacidade de uma garrafa utilizada na linha i em um dado momento.
 TIPO domínio = (volume_mínimo .. volume_máximo)
 unidade = litro

Entidade Externa

NOME EE1_Supervisor

DEFINIÇÃO modela a pessoa encarregada, na Empresa, de monitorar o funcionamento da área de engarrafamento.

NOME EE2_Operador

DEFINIÇÃO modela o conjunto de pessoas encarregadas, na Empresa, de operar individualmente as linhas de engarrafamento.

NOME EE3_Área_de_Engarrafamento

DEFINIÇÃO modela setor da Empresa no qual seu produto terá o pH corrigido e será envasado.
-- ERS --

COMPOSIÇÃO EE3.1_Supridor de Líquido +
EE3.2_Supridor de Reagente +
{ EE3.3_Linha de Engarrafamento }

NOME EE3.1_Supridor de Líquido

DEFINIÇÃO modela setor da área de engarrafamento responsável pelo suprimento de líquido para o tanque que alimenta as linhas de engarrafamento..
-- ESS --

NOME EE3.2_Supridor de Reagente

DEFINIÇÃO modela o setor da área de engarrafamento responsável pelo suprimento de reagente para o tanque que alimenta as linhas de engarrafamento.
-- ESS --

NOME EE3.3_Linha de Engarrafamento

DEFINIÇÃO modela o conjunto de setores da área de engarrafamento responsáveis pelo envasamento do produto.
-- ESS --

COMPOSIÇÃO ESS_Garrafa +
ESS_Supridor de Garrafas Vazias +
ESS_Válvula de Envasamento +
ESS_Sensor de Contato +
ESS_Balança +
ESS_Rotulador

Entidade Subordinada de Hierarquia Semântica
Presente no Esquema Semântico

NOME ESS_Anomalia composta

DEFINIÇÃO modela a ocorrência simultânea de anomalia no pH (pH fora da faixa de tolerância) e no nível (nível máximo atingido) do líquido no tanque.

COMPOSIÇÃO S_anomalia_pH +
S_anomalia_nível_tanque

NOME ESS_Anomalia simples

DEFINIÇÃO modela a ocorrência de anomalia no pH (pH fora da faixa de tolerância) ou no nível (nível máximo atingido) do líquido no tanque.

COMPOSIÇÃO S_anomalia_pH |
S_anomalia_nível_tanque

NOME ESS_Balança

DEFINIÇÃO modela a balança existente em uma linha de engarrafamento.

NOME ESS_Condição da posição de envasamento

DEFINIÇÃO modela a condição da posição de envasamento.

COMPOSIÇÃO FDC_condição_contato(i) +
FDC_peso(i)

NOME ESS_Condição de habilitação

DEFINIÇÃO modela condição necessária para que a área de engarrafamento seja habilitada, ou seja, para que o SUPERVISOR habilite a área e para que o sistema seja capaz de obter, de algum modo, os valores do pH e nível correntes do líquido no tanque.

COMPOSIÇÃO S_habilitar_área +
ESS_DE1

NOME ESS_DE1

DEFINIÇÃO modela acesso de entrada efetuado pelo sistema ao DE1.

NOME ESS_Emissão de alarme

DEFINIÇÃO modela a resposta do sistema que corresponde à sinalização de algum tipo de anomalia nas condições do líquido no tanque.

COMPOSIÇÃO ESS_Anomalia composta +
ESS_Anomalia simples

NOME ESS_Emissão de fluxos contínuos

DEFINIÇÃO modela o início, por parte do sistema, do envio de informações, para o SUPERVISOR e para o OPERADOR, sobre o estado do processo e do controle das válvulas do tanque.

COMPOSIÇÃO FDC_condições_tanque +
FDC_estado_linhas +
FDC_estado_da_linha(i) +
FDC_controle_válvula_líquido +
FDC_controle_válvula_reagente

NOME ESS_Fechamento de válvulas

DEFINIÇÃO modela a resposta do sistema que corresponde ao fechamento de todas as válvulas da área de engarrafamento (válvulas de entrada de líquido, de reagente e de envasamento).

COMPOSIÇÃO FDC_controle_válvula_líquido +
FDC_controle_válvula_reagente +
{ FDC_controle_válvula_envasamento(i) }

NOME ESS_Garrafa

DEFINIÇÃO modela o conjunto de garrafas existentes na área de engarrafamento.

NOME ESS_Garrafa cheia
 DEFINIÇÃO modela a condição de garrafa cheia.
 COMPOSIÇÃO FDC_peso(i) +
 ESS_DE1

NOME ESS_Inalteração do estado da linha
 DEFINIÇÃO modela a resposta do sistema que corresponde à inalteração do estado de uma determinada linha de engarrafamento.

NOME ESS_Interrupção de fluxos contínuos
 DEFINIÇÃO modela o cessamento, por parte do sistema, do envio de informações, para o SUPERVISOR e para o OPERADOR, sobre o estado do processo e do controle de todas as válvulas da área de engarrafamento.
 COMPOSIÇÃO FDC_condições_tanque +
 FDC_estado_linhas +
 FDC_estado_da_linha(i) +
 FDC_controle_válvula_líquido +
 FDC_controle_válvula_reagente +
 { FDC_controle_válvula_envasamento(i) }

NOME ESS_Linha ativada
 DEFINIÇÃO modela a condição de ativação da linha de engarrafamento.
 COMPOSIÇÃO FDC_estado_linhas +
 FDC_estado_da_linha(i) +
 S_liberar_garrafa(i)

NOME ESS_Linha desligada
 DEFINIÇÃO modela a condição de desativação da linha de engarrafamento.
 COMPOSIÇÃO FDC_estado_linhas +
 FDC_estado_da_linha(i)

NOME ESS_Resposta a ajuste_pH
 DEFINIÇÃO modela a resposta do sistema ao desejo do SUPERVISOR de
 alterar o pH a ser mantido.
 COMPOSIÇÃO FDD_rejeição_ajuste_pH |
 ESS_Resposta Interna

NOME ESS_Resposta a condição inabilitadora
 DEFINIÇÃO modela a resposta do sistema à ocorrência de um evento
 causador de inabilitação da área de engarrafamento.
 COMPOSIÇÃO ESS_Fechamento de válvulas +
 ESS_Interrupção de fluxos contínuos +
 ESS_Emissão de alarme

NOME ESS_Resposta a condição da posição de envasamento
 DEFINIÇÃO modela a resposta do sistema à condição da posição de enva-
 samento na ocorrência da chegada de uma garrafa vazia.
 COMPOSIÇÃO FDC_controle_válvula_envasamento(i) |
 ESS_Linha desligada

NOME ESS_Resposta a garrafa cheia
 DEFINIÇÃO modela a resposta do sistema à condição de garrafa cheia.
 COMPOSIÇÃO FDC_controle_válvula_envasamento(i) +
 FDD_dados_rótulo(i)

NOME ESS_Resposta a garrafa_removida(i)
 DEFINIÇÃO modela a resposta do sistema à necessidade do OPERADOR de
 remover uma garrafa cheia.
 COMPOSIÇÃO ESS_Linha desligada |
 S_liberar_garrafa(i)

NOME ESS_Resposta a inabilita_r_área
 DEFINIÇÃO modela a resposta do sistema à necessidade do SUPERVISOR de inabilita_r a área de engarrafamento.

COMPOSIÇÃO ESS_Fechamento de válvulas +
 ESS_Interrupção de fluxos contínuos

NOME ESS_Resposta a ligar_linha(i)
 DEFINIÇÃO modela a resposta do sistema à necessidade do OPERADOR de ligar sua linha.

COMPOSIÇÃO ESS_Linha ativada |
 ESS_Inalteração do estado da linha

NOME ESS_Resposta a tamanho_garrafa(i)
 DEFINIÇÃO modela a resposta do sistema à necessidade do OPERADOR de alterar o tamanho da garrafa da sua linha.

COMPOSIÇÃO FDD_rejeição_tamanho_garrafa(i) |
 ESS_Resposta Interna

NOME ESS_Resposta Interna
 DEFINIÇÃO modela a internalização de informação, transportada por fluxo incidente sobre o SISTEMA que fará parte da "memória essencial".

NOME ESS_Rotulador
 DEFINIÇÃO modela o dispositivo que rotula as garrafas existente em uma linha de engarrafamento.

NOME ESS_Sensor de Contato
 DEFINIÇÃO modela o dispositivo existente em uma linha de engarrafamento que verifica se há ou não algum objeto na posição de envasamento.

NOME ESS_Supridor de Garrafas Vazias

DEFINIÇÃO modela o dispositivo existente em uma linha de engarrafamento que armazena as garrafas a serem enchidas.

NOME ESS_Válvula de Envasamento

DEFINIÇÃO modela a válvula existente na posição de envasamento de uma linha de engarrafamento que controla a passagem do líquido para efeito do enchimento de uma garrafa.

Fluxo de Dado Contínuo

NOME FDC_condição_contato(i)

DEFINIÇÃO modela a condição do sensor de contato (se há contato ou não) da linha i.
-- ESS --

NOME FDC_condições_tanque

DEFINIÇÃO modela valores, do pH corrente e do nível, enviados pelo sistema ao SUPERVISOR e ao OPERADOR.
-- ESS --

COMPOSIÇÃO ED_pH_corrente +
ED_nível

NOME FDC_controle_válvula_envasamento(i)

DEFINIÇÃO modela o controle exercido pelo sistema sobre a válvula de envasamento da linha i.
-- ESS --

COMPOSIÇÃO ED_abertura

NOME FDC_controle_válvula_líquido

DEFINIÇÃO modela o controle exercido pelo sistema sobre a válvula de entrada de líquido do SUPRIDOR DE LIQUIDO.
-- ESS --

COMPOSIÇÃO ED_abertura

NOME FDC_controle_válvula_reagente

DEFINIÇÃO modela o controle exercido pelo sistema sobre a válvula de entrada de reagente do SUPRIDOR DE REAGENTE.
-- ESS --

COMPOSIÇÃO ED_abertura

NOME FDC_estado_da_linha
 DEFINIÇÃO modela o volume da garrafa e a condição da linha i enviados pelo sistema ao OPERADOR.
 -- ESS --
 COMPOSIÇÃO ED_volume(i) +
 ED_condição_linha(i)

NOME FDC_estado_linhas
 DEFINIÇÃO modela o volume da garrafa e a condição de cada linha i enviados pelo sistema ao SUPERVISOR.
 -- ESS --
 COMPOSIÇÃO ED_volume(i) +
 ED_condição_linha(i)

NOME FDC_peso(i)
 DEFINIÇÃO modela a medida de peso da balança enviada ao sistema.
 -- ESS --
 COMPOSIÇÃO ED_leitura_balança(i)

Fluxo de Dado Discreto

NOME FDD_ajuste_pH

DEFINIÇÃO modela o novo valor de pH a ser mantido do líquido do tanque para substituir o ajuste de pH já existente no sistema, por iniciativa do SUPERVISOR.
-- ESS --

COMPOSIÇÃO ED_novo_pH

NOME FDD_dados_rótulo(i)

DEFINIÇÃO modela as informações (pH corrente e nominal) que constam no rótulo da garrafa.
-- ESS --

COMPOSIÇÃO ED_pH_corrente +
ED_pH_nominal

NOME FDD_rejeição_ajuste_pH

DEFINIÇÃO modela mensagem para o SUPERVISOR indicando o motivo pelo qual o ajuste de pH está sendo rejeitado.
-- ESS --

COMPOSIÇÃO ED_motivo_rejeição_ajuste_pH

NOME FDD_rejeição_tamanho_garrafa(i)

DEFINIÇÃO modela mensagem para o OPERADOR da linha i indicando o motivo pelo qual a alteração do tamanho da garrafa está sendo rejeitado.
-- ESS --

COMPOSIÇÃO ED_motivo_rejeição_tamanho_garrafa

NOME FDD_tamanho_garrafa(i)

DEFINIÇÃO modela o valor que define o volume e o peso da garrafa vazia da linha i por iniciativa do OPERADOR.
-- ESS --

COMPOSIÇÃO ED_volume(i) +
ED_peso_garrafa_vazia(i)

Porção Entidade de Tipo de Relacionamento
com Atributos do Esquema Semântico

NOME PES_Alteração do ponto de pH a ser mantido

DEFINIÇÃO modela a transação de alteração do ponto de pH do líquido que deve ser mantido pelo sistema.
-- ERS, RCAS_R3 --

COMPOSIÇÃO FDD_ajuste_pH +
ESS_Resposta a ajuste_pH

NOME PES_Alteração do tamanho da garrafa

DEFINIÇÃO modela a transação de alteração do tamanho da garrafa de uma determinada linha.
-- ERS, RCAS_R8 --

COMPOSIÇÃO FDD_tamanho_garrafa(i) +
ESS_Resposta a tamanho_garrafa(i)

NOME PES_Ativação de linha

DEFINIÇÃO modela a transação de ativação de uma determinada linha.
-- RCAS_R6 --

COMPOSIÇÃO S_ligar_linha(i) +
ESS_Resposta a ligar_linha(i)

NOME PES_Controle de pH dentro da faixa de tolerância

DEFINIÇÃO modela a transação de controle do pH do líquido do tanque realizada pelo sistema, através da vazão da válvula de entrada de reagente enquanto este estiver na faixa de tolerância.
-- ERS, RCAS_R4--

COMPOSIÇÃO ESS_DE1 +
FDC_controle_válvula_reagente

NOME PES_Desativação de linha
 DEFINIÇÃO modela a transação de desativação de uma determinada linha.
 -- RCAS_R7 --
 COMPOSIÇÃO S_desligar_linha(i) +
 ESS_Linha desligada

NOME PES_Habilitação de área
 DEFINIÇÃO modela a transação de habilitação da área de engarrafamento.
 -- RCAS_R1 --
 COMPOSIÇÃO ESS_Condição de habilitação +
 ESS_Emissão de fluxos contínuos

NOME ESS_Inabilitação automática de área
 DEFINIÇÃO modela a transação na qual, por efeito de algum tipo de
 anormalidade no líquido do tanque, o próprio sistema
 inabilita a área de engarrafamento.
 -- RCAS_R5 --
 COMPOSIÇÃO ESS_DE1 +
 ESS_Resposta a condição inabilitadora

NOME PES_Inabilitação de área pelo supervisor
 DEFINIÇÃO modela a transação de inabilitação da área de engarrafa-
 mento por iniciativa do SUPERVISOR.
 -- RCAS_R2 --
 COMPOSIÇÃO S_inabilitar_área +
 ESS_Resposta a inabilitar_área

NOME PES_Posicionamento da garrafa liberada
 DEFINIÇÃO modela a transação que espelha o posicionamento de uma
 garrafa vazia liberada em relação à posição de envasamento
 (se a garrafa está na posição correta ou não).
 -- ERS, RCAS_R9 --
 COMPOSIÇÃO ESS_Condição da posição de envasamento +
 ESS_Resposta à condição da posição de envasamento

NOME PES_Normalização de nível
 DEFINIÇÃO modela a transação de controle do nível do líquido do tanque realizada pelo sistema, através da vazão da válvula de entrada de líquido enquanto aquele estiver abaixo do nível máximo.
 -- ERS, RCAS_R12 --
 COMPOSIÇÃO ESS_DE1
 FDC_controle_válvula_líquido

NOME PES_Remoção de garrafa
 DEFINIÇÃO modela a transação de retirada de uma garrafa da posição de envasamento após o término do seu enchimento.
 -- RCAS_R11 --
 COMPOSIÇÃO S_garrafa_removida(i) +
 ESS_Resposta a garrafa_removida(i)

NOME PES_Término de envasamento e rotulação
 DEFINIÇÃO modela a transação que interrompe o enchimento e rotula uma garrafa cheia.
 -- ERS, RCAS_R10 --
 COMPOSIÇÃO ESS_Garrafa cheia +
 ESS_Resposta à garrafa cheia

Relacionamento Presente no Esquema Semântico

NOME	RES_Precedência
DEFINIÇÃO	modela a precedência entre ações de uma resposta do sistema a um estímulo.

Sinal

NOME S_anomalia_nível_tanque

DEFINIÇÃO modela sinalização, emitida pelo sistema, de ocorrência de anomalia no nível do líquido no tanque.
-- ESS --

NOME S_anomalia_pH

DEFINIÇÃO modela sinalização, emitida pelo sistema, de ocorrência de anomalia no pH do líquido no tanque.
-- ESS --

NOME S_enchimento_completado(i)

DEFINIÇÃO modela a detecção, por parte do sistema, de que terminou o enchimento da garrafa existente na posição de envasamento da linha i.

NOME S_existência_peso(i)

DEFINIÇÃO modela a detecção, por parte do sistema, de que uma garrafa vazia chegou à balança da linha i.

NOME S_desligar_linha(i)

DEFINIÇÃO modela o estímulo, enviado pelo OPERADOR e dirigido ao sistema, visando desligar a linha i.
-- ESS --

NOME S_garrafa_em_posição

DEFINIÇÃO modela a verificação, por parte do sistema, de que existe uma garrafa vazia na posição de envasamento da linha i.

NOME S_garrafa_removida(i)

DEFINIÇÃO modela o estímulo, enviado pelo OPERADOR e dirigido ao sistema, visando informar a este que a garrafa já foi removida da posição de envasamento.
-- ESS --

NOME S_habilitar_área

DEFINIÇÃO modela o estímulo, enviado pelo SUPERVISOR e dirigido ao sistema, visando habilitar a área de engarrafamento.
-- ESS --

NOME S_inabilitar_área

DEFINIÇÃO modela o estímulo, enviado pelo SUPERVISOR e dirigido ao sistema, visando inabilitar a área de engarrafamento.
-- ESS --

NOME S_liberar_garrafa(i)

DEFINIÇÃO modela o controle do sistema sobre a linha de engarrafa-
mento i para que uma garrafa vazia seja liberada para a
posição de envasamento.
-- ESS --

NOME S_ligar_linha(i)

DEFINIÇÃO modela o estímulo, enviado pelo OPERADOR e dirigido ao
sistema, visando ligar a linha i.
-- ESS --

NOME S_nível_máximo_atingido

DEFINIÇÃO modela a detecção, por parte do sistema, da alteração da
condição de normalidade do nível do líquido do tanque
(nível abaixo do nível máximo) para a condição de nível
igual ou maior que o nível máximo.

NOME S_pH_fora_faixa

DEFINIÇÃO modela a detecção, por parte do sistema, da alteração da condição de normalidade do pH do líquido do tanque (pH dentro da faixa de tolerância) para a condição de pH fora dessa mesma faixa.

NOME S_posição_livre(i)

DEFINIÇÃO modela a verificação, por parte do sistema, de que não existe garrafa na posição de envasamento nem obre a balança da linha i em um dado momento.

NOME S_posição_ocupada(i)

DEFINIÇÃO modela a verificação, por parte do sistema, de que existe uma garrafa sobre a balança da linha i mas fora da posição de envasamento.

2.3. Tabela de Verificação de Consistência

evento	estímulo * acesso_entrada * reconhecimento	reação * resposta
1	habilitar_área * () * FC1	(F3.1, F3.2, F3.3, F4.2) * (DE1, DI1, DI2, DI3) + Emissão de fluxos contínuos (condições_tanque + estado_linhas + estado_da_linha(i) + controle_válvula_liquido + controle_válvula_reagente)
2	inabilitar_área * () * FC1	(F3.1, F3.2, F3.3, F4.2, F4.5) * Fechamento de válvulas (controle_válvula_liquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_ensasamento(i)) + Interrupção de fluxos contínuos (condições_tanque + estado_linhas + estado_da_linha(i) + controle_válvula_liquido + controle_válvula_reagente) controle_válvula_ensasamento(i))
3	ajuste_pH * () * F1	(F1) * (DI1) rejeição_ajuste_pH
4	valor específico do pH * (DE1)) * F3.3	(F3.3) * controle_válvula_reagente
5	valor específico do pH * (DE1) * F2	(FC1, F3.1, F3.2, F3.3, F4.2, F4.5) * Fechamento de válvulas (controle_válvula_liquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_ensasamento(i)) + Interrupção de fluxos contínuos (condições_tanque + estado_linhas + estado_da_linha(i) + controle_válvula_liquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_ensasamento(i)) + (Anomalia simples (anomalia_pH anomalia_nível_tanque) Anomalia composta (anomalia_pH + anomalia_nível_tanque))

evento	estímulo * acesso_entrada * reconhecimento	reação * resposta
6	valor específico do pH * (DE1) * F2	(FC1, F3.1, F3.2, F3.3, F4.2, F4.5) * Fechamento de válvulas (controle_válvula_líquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_ensasamento(i)) + Interrupção de fluxos contínuos (condições_tanque + estado_linhas + estado_da_linha(i) + controle_válvula_líquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_ensasamento(i)) + (Anomalia simples (anomalia_pH anomalia_nível_tanque) Anomalia composta (anomalia_pH + anomalia_nível_tanque))
7	valor específico do pH * (DE1) * F3.3	(F3.3) * controle_válvula_reagente
8	ligar_linha(i) * () * FC4.1	(FC4.1, F4.2) * ((DI2,DI3) + liberar_garrafa(i) + estado_linhas + estado_da_linha(i)) Inalteração do estado da linha
9	desligar_linha(i) * () * FC4.1	(F4.2) * (DI2, DI3) + estado_linhas + estado_da_linha(i)
10	tamanho_garrafa(i) * () * F4.1	(F4.1) * (DI2) rejeição_tamanho_garrafa(i)
11	valores específicos dos fluxos condição_contato(i) e peso(i) * (DI2) * F4.3	(F4.5) * controle_válvula_ensasamento(i)
12	valores específicos dos fluxos condição_contato(i) e peso(i) * (DI2) * F4.3	(F4.2) * (DI2, DI3) + estado_linhas + estado_da_linha(i)
13	valor específico do fluxo peso(i) * (DE1, DI2) * F4.5	(F4.5, F4.6) * (DE1, DI1) + controle_válvula_ensasamento(i) + dados_rótulo(i)

evento	estímulo * acesso_entrada * reconhecimento	reação * resposta
15	valor específico do nível do tanque * (DE1) * F2	(FC1, F3.1, F3.2, F3.3, F4.2, F4.5) * Fechamento de válvulas (controle_válvula_líquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_envasamento(i)) + Interrupção de fluxos contínuos (condições_tanque + estado_linhas + estado_da_linha(i) + controle_válvula_líquido + controle_válvula_reagente + controle_válvula_envasamento(i)) + (Anomalia simples (anomalia_pH anomalia_nível_tanque) Anomalia composta (anomalia_pH + anomalia_nível_tanque))
16	valor específico do nível * (DE1) * F3.2	(F3.2) * controle_válvula_líquido
17	valor específico do nível * (DE1) * F3.2	(F3.2) * controle_válvula_líquido

3. Conclusão

Seja qual for o desafio que se apresente, o raciocínio lógico humano é conduzido a uma busca por critérios de segmentação e/ou abstração com vistas ao domínio da complexidade do problema, devida ao porte e/ou intrínseca.

Não poderia ser diferente no que diz respeito ao desenvolvimento de sistemas sócio-técnicos. A estrutura do processo de modelagem pode ser entendida como a aplicação cuidadosa de um conjunto de critérios de segmentação e/ou abstração destinados a dividir um problema complexo -- a automação total ou parcial de um padrão organizacional -- em domínios de menor porte e/ou densidade, compatíveis com a capacidade de apreensão intelectual do ser humano.

O critério de segmentação "essência versus implementação" [6] permitiu distinguir e abordar separadamente as atividades referentes à modelagem de uma solução abstrata em relação a quaisquer alternativas de implementação e à modelagem de uma solução concreta, ou seja, do sistema sócio-técnico propriamente dito.

Em nível maior de detalhamento, tal estratégia (segmentação/abstração) recomenda a utilização do critério de "pertinência ao sistema" [13]. Esse critério permitiu que a modelagem da essência privilegiasse separadamente o enunciado do problema e a elaboração de sua solução abstrata. Portanto, possibilitou reconhecer que um sistema sócio-técnico é algo que se constrói para atender a um conjunto de necessidades externas a ele mesmo, ou seja, para resolver um problema do mundo real. Como decorrência lógica desse reconhecimento, há que se atribuir à especificação dessas necessidades externas um papel explícito e com maior peso, no processo de desenvolvimento, do que ela tem tido tradicionalmente. A materialização da ênfase na adequação do sistema às necessidades externas é a distinção clara, dentro do Modelo da Essência, de dois componentes dotados de características próprias : o Modelo do Contexto e o Modelo do Comportamento.

O Modelo do Contexto descreveu apenas o ambiente em que o sistema deve operar e a interface entre esse ambiente e o sistema. Corresponde à formulação do problema a ser resolvido.

O Modelo do Comportamento descreveu as reações do sistema a ocorrências, no ambiente externo, de eventos para os quais o sistema deve produzir respostas. Corresponde à solução abstrata em relação a quaisquer alternativas de implementação.

Enfocando particularmente cada instrumento de modelagem, verificamos que :

- a Definição do Sistema, ao enunciar os objetivos do sistema de controle nos níveis estratégico, tático e operacional da organização que utiliza o sistema controlado, tornou mais visível e comparativamente mensurável o possível impacto econômico do projeto bem como a constante preocupação com esses aspectos no esforço de modelagem. Além disso, ao descrever as operações do sistema de forma estruturada por entidades e conceitos do ambiente externo, forneceu uma

representação textual do mecanismo de estímulo-resposta sem antecipar aspectos funcionais ligados à solução abstrata do problema;

- a Lista de Eventos Externos, utilizando linguagem natural com vocabulário controlado, organizou estruturalmente o enunciado das necessidades a serem atendidas pelo sistema de controle. Essa forma de representação auxiliou a verificação e a validação dos requisitos essenciais, estabelecendo a base semi-formal para que a proposta de solução abstrata especifique um modo de atendimento a esses requisitos.

- o Esquema Transacional, como elemento básico da visão sistêmica proporcionada pela estrutura de modelagem empregada, forneceu uma representação gráfica do mecanismo de estímulo-resposta atribuído ao sistema bem como uma visão clara de sua fronteira conceitual;

- o Esquema Semântico, como uma visão alternativa da interface entre o sistema e o ambiente externo, complementou e aprofundou o conhecimento das interações definidas nessa interface;

- o Esquema da Dinâmica possibilitou, com a vantagem do emprego de uma representação gráfica, a modelagem precisa das interdependências temporais dos eventos externos, abstraindo completamente aspectos relacionados ao comportamento exigido para o sistema;

- o Esquema das Atividades Essenciais, privilegiando a especificação dos elementos funcionais ativos internos ao sistema, conferiu à modelagem uma perspectiva adicional ao domínio da complexidade, na medida que favoreceu a realização de uma desejável segmentação entre controle (associado às atividades de controle) e operação (associado às atividades operacionais);

- a Organização Hierárquica das Atividades Essenciais permitiu, através de um processo de segmentação/agregação em subsistemas, a compatibilização do Esquema das Atividades Essenciais com a Lei do Orçamento para Complexidade [13]. Além disso, os Diagramas de Estados e Transições que especificam as atividades de controle introduziram uma formalização que captura visões intuitivas da dinâmica de controle. Aqui também, nenhum viés de implementação é incorporado à modelagem. Esses diagramas permitiram simular a execução da especificação e, com isso, validar o comportamento do sistema modelado;

- as Listas de Pré/Pós-Condições especificaram as atividades operacionais primitivas utilizando predicados construídos sobre os elementos das entradas e saídas dessas atividades e estabelecendo relações entre esses elementos. Essa formalização definiu, sem introduzir viés tecnológico, os padrões funcionais a serem atendidos por qualquer alternativa de implementação; e

- o Dicionário de Dados foi suficiente para especificar a semântica dos elementos de informação associados à modelagem e, quando estes se apresentaram em forma estruturada, sua composição. Para a semântica utilizou-se linguagem natural e, para a composição, uma extensão da BNF. Essa representação semi-formal complementa a visão esquemática do Modelo de Informação.

No esforço de elaboração do Modelo da Essência do SICLEN, a partir do BFS, verificamos que os critérios de segmentação mencionados, juntamente com a estrutura de modelagem adotada, foi muito útil para a compreensão e modelagem mais precisas do sistema a ser construído. Alguns detalhes do BFS tornaram-se mais claros na medida que foi possível estabelecer, com maior exatidão, o que deveria fazer parte do enunciado do problema e o que pertenceria ao escopo da solução abstrata.

No que diz respeito aos elementos de modelagem acrescentados à representação proposta por Ward-Mellor [8], verificamos que constituem uma complementação necessária à modelagem dos aspectos de tempo-real e à exigência de se obter uma definição rigorosa do problema. Isto foi conseguido através de elementos de modelagem que operacionalizam o enfoque da percepção do ambiente externo sob diversas perspectivas.

Essa abordagem, além do rigor citado, mostrou-se particularmente útil na elicitação de requisitos sutis, que exigem um exame mais acurado. Por exemplo, na Lista de Eventos Externos do BFS consta o evento "Operator removes bottle". Esse evento, segundo o Diagrama de Estados e Transições associado à atividade "Control Bottling Line", pode ocorrer de dois modos : ou o operador informa ao sistema que efetuou a remoção (modelado pelo sinal "bottle removed") ou retira a garrafa durante seu enchimento, ocorrência que só pode ser percebida pelo sistema através da detecção de valores específicos dos fluxos de dados contínuos "bottle contact" e "weight". Portanto, o sistema percebe a remoção da garrafa de dois modos distintos e também reage distintamente para cada modo. O enunciado do evento não revela essa diferença. O emprego de múltiplas perspectivas facilitou o reconhecimento dessa anomalia e recomendou a substituição desse evento por dois outros : "Operador tem necessidade de remover a garrafa cheia" e "Operador tem necessidade de remover a garrafa durante seu enchimento". Assim, obteve-se uma visão mais clara desses requisitos bem como uma associação imediata entre a Lista de Eventos Externos e a especificação da atividade de controle . Essa visão permitiu, na modelagem do SICLEN, o aperfeiçoamento de somente permitir que o operador remova a garrafa quando esta estiver cheia. A abordagem de múltiplas perspectivas sobre o ambiente oferece ao modelador um recurso poderoso para examinar e formular as necessidades desse ambiente com maior precisão.

Um aspecto importante a ser mencionado refere-se às chamadas "condições de exceção". Muitas vezes apenas implicitamente [17], o desenvolvimento de sistemas para controle de processos pressupõe que o sistema a ser controlado apresentará unicamente um comportamento "normal". Entretanto, acidentes graves podem advir quando as hipóteses relacionadas a esse comportamento não são registradas explicitamente na modelagem.

Neste trabalho, a modelagem do contexto, realizada através de seus diversos instrumentos, permitiu registrar todo o comportamento esperado do ambiente externo. Mais ainda, o procedimento [10,12,13] para elaborar a Definição do Sistema, a Lista de Eventos Externos, o Esquema Semântico e o Esquema da Dinâmica incentiva e facilita a descoberta das "condições de exceção". Uma vez identificadas, apresentam-se ao modelador duas alternativas: a) registrar apenas o comportamento

"normal" e deixar a cargo do ambiente externo a responsabilidade de garanti-lo; e b) incorporar à Lista de Eventos Externos os eventos associados às "condições de exceção", atribuindo ao sistema de controle alguma responsabilidade no sentido de garantir o comportamento "normal" do ambiente externo ou de contribuir para evitar qualquer acidente sério associado a desvios em relação a esse comportamento. Um exemplo dessa última alternativa é o evento externo número 15 ("Nível do líquido do tanque atinge o nível máximo") do SICLEN.

O uso de redundância controlada entre os submodelos demonstrou ser instrumento adequado para garantir um modelo global isento de ambigüidades, o que foi constatado pela obtenção imediata da versão definitiva da Tabela de Verificação de Consistência.

Verificamos que a necessária utilização de instrumentos formais no processo de modelagem é utilmente precedida pela elaboração de modelos semi-formais. O esforço de formalização adicional pode, eventualmente, restringir-se a porções críticas do Modelo do Comportamento. Conforme sugerido em [18], esse processo será facilitado pela adoção de construções cujo rigor semântico foi demonstrado.

Sintetizando, a característica inovadora do exercício apresentado neste trabalho refere-se à utilização de novas ferramentas e técnicas de modelagem conceitual, que permitiram:

- completar e tornar mais preciso o enunciado de um problema rotineiro.
Esse aspecto ficou mais evidente no tratamento dispensado às chamadas "condições de exceção".
Sua presença no Modelo do Contexto, associada a eventos externos a serem atendidos pelo sistema de controle, atribui a esse sistema alguma responsabilidade no sentido de inibir a produção de danos se tais eventos ocorrerem.
Sua ausência significa que cabe ao ambiente externo ao sistema de controle garantir o comportamento "normal" do sistema controlado;
- garantir a forma abstrata e precisa da solução proposta, a qual:
 - + por ser invariante em relação a quaisquer alternativas de implementação, possuirá acentuada reusabilidade na medida que o problema tratado seja representativo de uma classe;
 - + por ser formulada em termos rigorosos, contribui no sentido de minimizar a ocorrência de erros na fase de elicitação e especificação dos requisitos essenciais do sistema de controle.

Referências

01. B. W. Boehm, R.L. McClean, e D.B. Urfig, "Some experiences with automated aids to the design of reliable software", IEEE Transactions on Software Engineering, vol. SE-1, no. 2, Fevereiro 1975.
02. A. Endres, "An analysis of errors and their causes in systems programs", IEEE Transactions on Software Engineering, vol. SE-1, no. 6, pp.140-140, Junho 1975.
03. B.W. Boehm, "Software Engineering Economics" Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall, 1981.
04. P.G. Neumann, "Some computer-related disasters and other egregious horrors", ACM Software Engineering Notes, vol. 10, no. 1, pp. 6-7, Janeiro 1985.
05. N.G. Leveson, "Software safety : What , why , and how", ACM Comput. Surveys, vol. 18, no. 2, pp. 125-164, Junho 1986.
06. S.M. McMenamin e J.F. Palmer, "Essential Systems Analysis", Yourdon Press, 1984.
07. P.T. Ward e S.J. Mellor, "Structured Development for Real-Time Systems", vol. 1, Yourdon Press, 1985.
08. P.T. Ward e S.J. Mellor, "Structured Development for Real-Time Systems", vol. 2, Yourdon Press, 1985.
09. W. Bruyn, R. Jensen, D. Keskar e P.T. Ward, "ESML : An Extended Systems Modeling Language Based on the Data Flow Diagram", ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, vol. 13, no. 1, pg. 58, 1988.
10. B. Maffeo e A.C.A. Ritto, "O Esquema Semântico no Modelo do Contexto de um Sistema Computacional", XXIII Congresso de Informática da SUCESU, 1990.
11. B. Maffeo, "ESML (Extended Systems Modeling Language): Uma revisão da Apresentação, Estrutura, Notação e Conteúdo", Monografias em Ciência da Computação do Departamento de Informática da PUC/RJ, 72 páginas, 1/1991.
12. A.C.A. Ritto e B. Maffeo, "Definindo o Problema a ser tratado por um Sistema Computacional - O Modelo do Contexto", Monografias em Ciência da Computação do Departamento de Informática da PUC/RJ, 101 páginas, 11/1991.
13. B. Maffeo, "Engenharia de Software e Especificação de Sistemas ", Editora Campus, 1992.

14. M.S. Jaffe, N.G. Leveson, M.P.E. Heimdahl e B.E. Melhart, "Software Requirements Analysis for Real-Time Process-Control Systems", IEEE Transactions on Software Engineering, vol. 17, no. 3, pg. 241, Março 1991.
15. M. Shaw, "Prospects for an Engineering Discipline of Software", IEEE Software, pg. 15, Novembro 1990.
16. K. Clemente, "Modelagem de Sistemas Sócio-Técnicos : Estudo de Caso de um Piloto Automático para Automóvel", Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Elétrica, PUC/RJ, Abril 1992.
17. N.G. Leveson, "The Challenge of Building Process-Control Software", IEEE Software, pg. 55, Novembro 1990.
18. G. Richter e B. Maffeo, "Towards a Rigorous Interpretation of ESML - Extended Systems Modeling Language". Arbeitspapiere der GMD 537. GMD, Sankt Augustin, 38 páginas, Maio 1991;
Monografias em Ciência da Computação do Departamento de Informática da PUC/RJ, 38 páginas, 16/1991;
Artigo aceito para publicação na IEEE Transactions on Software Engineering.
19. J.J. van Griethuysen, editor, "Concepts and Terminology for the Conceptual Schema and the Information Base", International Standardization Organization (ISO), ANSI, Secretariat ISO/TC97/SC5, New York, 1982, Publication Number ISO/TC97/SC5 - N695.
20. R. Fairley, "Software Engineering Concepts", McGraw Hill, 1985.
21. B. W. Boehm, "Industrial Software Metrics Top Ten List", IEEE Software, Setembro 87.