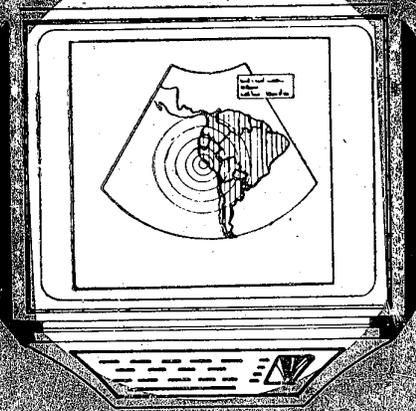


PANEL
INFO'82



IX CONFERENCIA LATINOAMERICANA DE INFORMATICA

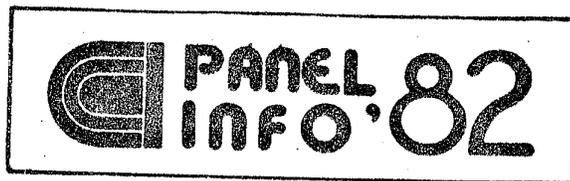
Centro Latinoamericano de Estudios de Informática (CLEI)
Asociación Peruana de Computación e Informática (APCI)
Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)



16 AL 20 DE AGOSTO DE 1,982
LIMA - PERU

III
Convención Peruana
de
Computación e
Informática

004.06
C748
V.1



**Anales de la
IX Conferencia Latinoamericana
de Informática**

Centro Latinoamericano de Estudios de Informática (CLEI)

y

III Convención Peruana de Informática

Organizado por:

**Asociación Peruana de Computación é Informática (APCI)
Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)**

Patrocinado por:

Oficina Intergubernamental para la Informática (IBI)

Federación Internacional del Proceso de la Información (IFIP)

UNESCO

16 al 20 de Agosto de 1,982

LIMA - PERU

UMA SEQUENCIA DE LINGUAGENS DE ESPECIFICACAO
VINCULADAS AO CICLO DE VIDA DE
SISTEMAS AUTOMATIZADOS

Arndt von Staa
Ana Regina Cavalcanti da Rocha
Dept. de Informática
PUC/RJ

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento de um sistema automatizado é efetuado em uma seqüência de etapas e através de uma série de especificações e projetos, culminando em um projeto que permita a construção do sistema com um mínimo de risco.

A simples existência de especificações e projetos, no entanto, não garante a qualidade dos sistema. Para que o sistema resultante tenha um nível satisfatório de qualidade é necessário que esta seja especificada desde o início do desenvolvimento e verificada a cada passo.

Especificações e projetos são documentos dirigidos aos usuários e desenvolvedores. Estas pessoas deverão ser capazes de entender estes documentos e avaliá-los quanto ao esperado grau de atingimento dos objetivos e qualidades do sistema.

Para isto ser possível é necessário existir um nível adequado de comunicação entre seus leitores, o que será possível somente se existirem linguagens de especificação e de projeto tornando fácil escrever e compreender estas especificações e projetos. Especificações, no entanto, são úteis somente se possuírem um nível adequado de qualidade.

Este trabalho discute as propriedades que linguagens de especificação devem possuir, levando em consideração uma família de linguagens baseada no ciclo de vida de sistemas automatizados.

2. O CICLO DE VIDA DE UM SISTEMA

O desenvolvimento de um sistema, se dá através de uma seqüên-

cia de atividades que levam uma idéia (a concepção original ou de alteração) à implementação do novo sistema ou da alteração.

Para produzir resultados com nível adequado de qualidade, dentro de prazos e custos previstos, esta seqüência de atividades—o ciclo de vida—deve seguir passos bem definidos e produzir resultados intermediários controláveis.

Será definido, a seguir, um ciclo de vida adequado a uma seqüência de especificações baseada em linguagens de especificação. Este ciclo de vida é composto de sete fases:

- **Especificação de requisitos** (proposta de desenvolvimento, especificação de interface, requisitos de dados, requisitos funcionais, requisitos técnicos).
- **Planejamento inicial** (plano de desenvolvimento, análise de viabilidade, verificação e validação da especificação e identificação do risco de fracasso).
- **Projeto** (projeto lógico, projeto físico)
- **Construção** (programação, teste de módulos, integração, teste do sistema).
- **Avaliação** (verificação, validação, instalação, garantia).
- **Operação** (produção, manutenção, pequenas alterações).
- **Evolução** (alterações, ampliações, novas versões).

Passaremos, agora, a um estudo mais detalhado das fases de especificação e projeto.

2.1 - FASE DE ESPECIFICAÇÃO

A fase de especificação tem como objetivo criar uma definição precisa e o mais completa possível do sistema a ser desenvolvido. A especificação procura uma entre as diversas alternativas de arquitetura do sistema, visando maximizar a satisfação do usuário dentro dos limites das restrições técnicas e econômicas.

Neste momento inicial a especificação pode não ser completa porque não há necessariamente entendimento completo do problema e/ou do potencial de solução que o sistema poderá vir a oferecer. Neste caso é necessário um certo grau de experimentação, utilizando para tal protótipos ou então simulação.

A fase de especificação é composta de:

- a) **Proposta de Desenvolvimento**, que tem por objetivo fornecer uma visão única e abrangente do sistema a ser desenvolvido, enfatizando os seus principais requisitos e as alterações mais fundamentais que o novo sistema acarretará com relação ao sistema existente [STAA 80].

- b) **Especificação de interface**, que tem por objetivo determinar o que é o ambiente e como o sistema se relaciona com este ambiente. Para isto deve:
- identificar os usuários do sistema (pessoas e outros sistemas)
 - estabelecer os requisitos de qualidade (objetivos, fatores, critérios, métricas) definindo níveis de satisfação e prioridades para os diferentes requisitos.
 - definir as interfaces do sistema (diálogos, relatórios, dados de entrada, solicitação de serviços, equipamentos especiais, etc.) e classificá-las quanto à importância.
- c) **Requisitos de dados**, que têm por objetivo determinar os conceitos manipulados (entidades), as interligações entre os conceitos (relacionamentos) e dados manipulados (atributos).
- d) **Requisitos funcionais**, que têm por objetivo determinar as funções que compõem o sistema. Para isto deve:
- determinar quais as funções que permitem transformar os dados de entrada nos de saída;
 - identificar os arquivos permanentes;
 - determinar o fluxo de dados entre as funções.
- e) **Requisitos técnicos**, que têm por objetivo determinar os métodos e técnicas a serem seguidos durante o projeto e construção do sistema, ou seja, deve determinar técnicas, métodos, formatos, etc., a serem utilizados durante o desenvolvimento.

Tudo isto deve ser definido sem que haja preocupação com a realização física, somente se preocupando com as necessidades dos usuários, ou seja, com a aplicação, os conceitos, as relações e os dados que transitam pelas interfaces.

2.2 - FASE DE PROJETO

Esta fase tem por objetivo projetar uma solução viável para o sistema especificado. O projeto consta da proposição de diversas alternativas de construção e da seleção das alternativas mais convenientes, que maximizem o objetivo de qualidade do sistema dentro das restrições econômicas e técnicas impostas.

A fase de projeto é composta de:

- a) **Projeto lógico**, que tem por objetivo determinar a porção automatizável do sistema. Compete a esta fase:
- delimitar o que será automatizado;
 - definir as interfaces entre os componentes automatizados independentes;
 - definir especificações de interface, requisitos de da-

- dos (estabelecer a organização dos dados), requisitos funcionais e requisitos técnicos para cada componente;
- descrever os procedimentos manuais.

b) **Projeto físico**, que tem por objetivo determinar a organização física dos programas e dados. Neste momento deve-se:

- determinar a estrutura modular dos programas;
- definir as assertivas de entrada, saída e invariantes de cada um dos módulos;
- determinar a organização física dos arquivos e elementos de dados contidos nas interfaces entre programas e módulos;
- definir o plano de desenvolvimento, integração e teste de cada programa.

3. LINGUAGENS DE ESPECIFICAÇÃO

Reconheceu-se, nos últimos anos, a importância de especificações de boa qualidade, uma vez que sobre elas residirá todo o trabalho posterior. Isto, por sua vez, motivou a pesquisa sobre métodos e linguagens de especificação. Existem, na literatura técnica atual, diversas propostas de metodologias e linguagens de especificação. Um estudo comparativo sobre estas metodologias e linguagens encontra-se em [ROCHA 81].

3.1 - PROPRIEDADES DAS ESPECIFICAÇÕES

Especificações são importantes mas não é suficiente sua mera existência. Surge, então, o conceito de qualidade de uma especificação. Recolhemos, aqui, as qualidades mais comumente referenciadas pela literatura [ALFORD 76], [LISKOV 77]. A apresentação será feita sem uma preocupação com a sua organização.

- **construtibilidade** — deve ser possível construir especificações sem demasiada dificuldade desde que se conheça a linguagem e se entenda o conceito a ser especificado;
- **inteligibilidade** — o leitor da especificação deverá entender, sem dificuldades, o que foi especificado, desde que possua um nível de formação e treinamento adequados (refere-se à facilidade de entendimento da linguagem);
- **comunicabilidade** — o leitor da especificação deverá ser capaz de entender o que o redator da especificação desejou que fosse entendido, dentro de limites de tolerância estreitos (refere-se à facilidade de entendimento do conteúdo da especificação);
- **formalidade** — uma especificação deve ser escrita numa linguagem de especificação formal. No entanto, a formalidade deve estar condicionada à inteligibilidade e à comunicabilidade, não podendo a formalidade, em nenhum momento, tornar-se um impedimento para que estas qualidades existam.
- **disponibilidade** — a versão atualizada da especificação deverá estar sempre disponível ao leitor. Isto implica que o texto de

verá ser produzido de modo que seja facilmente reproduzível e atualizável;

- **modularidade** — a especificação deve ser particionada de modo que um leitor interessado em um determinado aspecto possa concentrar-se exclusivamente na parte relativa a este aspecto e, ainda assim, obter um perfeito entendimento de tudo relacionado a este aspecto;
- **localizabilidade** — o conjunto de documentos que compõem a especificação deverá permitir ao leitor a rápida localização das partes da especificação em que está momentaneamente interessado;
- **concisão** — deve haver uma preocupação constante com a eliminação de frases, palavras e adjetivação inútil, e com o uso de estilo, técnicas e notações que tendam a maximizar o volume de informação conduzido por unidade do texto, sem no entanto comprometer a comunicabilidade;
- **detalhabilidade** — itens já parcialmente especificados podem ser especificados mais minuciosamente através da agregação de uma visão mais detalhada deste item;
- **estrutura** — o conjunto de documentos que constituem a especificação permitem perseguir-se a seqüência de ampliações do mais geral para o mais particular. Permitem, também, seguir-se a seqüência de reduções do mais detalhado para o mais geral. Alia-da à propriedade localizabilidade a estrutura permite, ao leitor, rapidamente encontrar a visão que deseja no nível de detalhe mais adequado;
- **rastreabilidade** — permite acompanhar os diversos requisitos desde a sua primeira formulação até a sua incorporação ao programa. Permite ainda determinar-se a seqüência de tomadas de decisão que culminaram na sua forma final de incorporação ao programa;
- **alterabilidade** — as especificações deverão poder sofrer alterações parciais durante e/ou após o desenvolvimento, permitindo a revalidação integral da especificação alterada;
- **automatizabilidade** — as linguagens utilizadas para redigir especificações deverão poder ser automatizáveis;
- **verificabilidade** — é possível examinar a especificação com relação a normas e padrões, bem como com relação a especificações anteriores, caso existam (avaliação das propriedades inerentes à especificação);
- **validabilidade** — é possível examinar a especificação com relação às necessidades e expectativas do usuário (avaliação das propriedades inerentes ao produto construído a partir das especificações);
- **não condicionante** — a especificação não restringe a escolha de

alternativas em passos posteriores da especificação;

- **correção** — todos os itens constantes da especificação ou estão formalmente corretos, e/ou correspondem à percepção que o especificador tem do mundo real;
- **consistência** — a especificação não contém itens contraditórios com relação a outros itens desta ou de outras especificações;
- **completeza** — a especificação deve definir ou descrever todos os itens necessários;
- **necessidade** — a especificação deve definir ou descrever somente os itens necessários;
- **não ambiguidade** — não existem itens da especificação sujeitos a diferentes interpretações ou dependentes do ponto de vista do leitor.

Nas seções a seguir procuraremos estabelecer uma sistematização para estas propriedades.

3.2 - SEQUÊNCIA DE LINGUAGENS

Especificações são produzidas ao longo do ciclo de vida do sistema automatizado através de refinamentos sucessivos, partindo de uma visão abrangente para a mais detalhada. À medida que há uma evolução no ciclo de desenvolvimento as especificações evoluem em grau de detalhe. Nosso objetivo, agora, é determinar que propriedades das especificações evoluem no decorrer do desenvolvimento.

Uma linguagem de especificação deve tornar possível a construção e a compreensão de especificações com uma certa facilidade já que as especificações devem ser entendidas também por usuários, muitas vezes alheios ao ambiente de processamento de dados. Por outro lado, deve ser uma linguagem concisa não permitindo interpretações ambíguas. Deste modo torna-se necessário um certo grau de formalismo sem o qual é impossível evitar ambiguidades.

Isto nos leva a uma aparente contradição. Linguagens naturais são fáceis de entender mas são fonte de ambiguidades e de falta de precisão. Linguagens formais são precisas, concisas mas tornam difícil a construção e a compreensão de especificações.

Como compaginar inteligibilidade, comunicabilidade e construtibilidade com formalidade, concisão e não ambiguidade? Uma solução é a criação de uma família de linguagens de especificação com membros adequados a cada um dos níveis de detalhe, de modo que a passagem de um nível a outro e de uma linguagem a outra se faça de um modo harmônico, sem rupturas desnecessárias. Assim sendo consideramos que uma família de linguagens de especificação deve possuir membros progressivamente mais formais à medida que cresce o nível de detalhe e se avança no ciclo de desenvolvimento do sistema.

No início do desenvolvimento, o conhecimento é ainda bastante precário e é necessário um alto grau de envolvimento do usuário. Neste momento deve-se buscar um grau de formalidade menor, suficiente para

permitir concisão e evitar ambiguidades sem com isso impedir ou dificultar, excessivamente, o entendimento por parte dos usuários.

No final, o conhecimento deve ser perfeito e, conseqüentemente, as especificações devem ser formais, utilizando uma linguagem formal.

Para tornar viável a evolução durante o ciclo de desenvolvimento, a família de linguagens deve possuir diversas propriedades, tais como modularidade, localizabilidade, detalhabilidade, estrutura, rastreabilidade e alterabilidade que vão se tornando cada vez mais imprescindíveis. Sem elas facilmente se perderá o controle sobre o volume de especificações ou se tornará extremamente difícil sua utilização com base para verificação, validação e construção posterior.

3.3 - UM MODELO PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE ESPECIFICAÇÕES

Já fizemos referência a uma série de qualidades que se consideram importantes para especificações. Esta, no entanto, é uma lista não organizada de qualidades. Vamos, agora, colocar estas qualidades dentro do modelo semelhante ao elaborado em [MAZZONI 81].

Quando falamos em qualidade de especificações, temos em vista os seguintes objetivos:

- a) **evolutibilidade** — que se refere à propriedade que devem ter as especificações de evoluírem em detalhe, à medida que se avança no ciclo de desenvolvimento;
- b) **mensurabilidade** — que se refere à capacidade que especificações devem ter de serem avaliadas quanto às qualidades inerentes a sua própria natureza;
- c) **utilizabilidade** — que se refere à capacidade que devem ter as especificações de servirem como uma base utilizável sobre a qual se pode construir e avaliar o produto especificado;
- d) **modificabilidade** — que se refere à capacidade de especificações sofrerem alterações sem que isso afete negativamente sua qualidade.

Para atingir estes objetivos, são definidos uma série de **fatores**. Esses fatores determinam a qualidade das especificações do ponto de vista do sistema de especificação. Cada fator é descrito através de um conjunto de **critérios**. Esses critérios são os atributos da especificação que estabelecem a qualidade desta especificação. Os atributos, por sua vez, são avaliados por intermédio de medidas quantificáveis apropriadas. São o que chamamos **métricas**.

Na figura 1 mostramos um certo momento i no ciclo de desenvolvimento do sistema, onde se está elaborando a especificação i . Isto é feito tendo-se como base a especificação $i-1$, produto de fase anterior. Tendo em vista que especificação é uma atividade essencialmente criativa, torna-se evidente a necessidade de idéias novas para progredir do passo $i-1$ para o passo i , em particular quando $i = 1$.

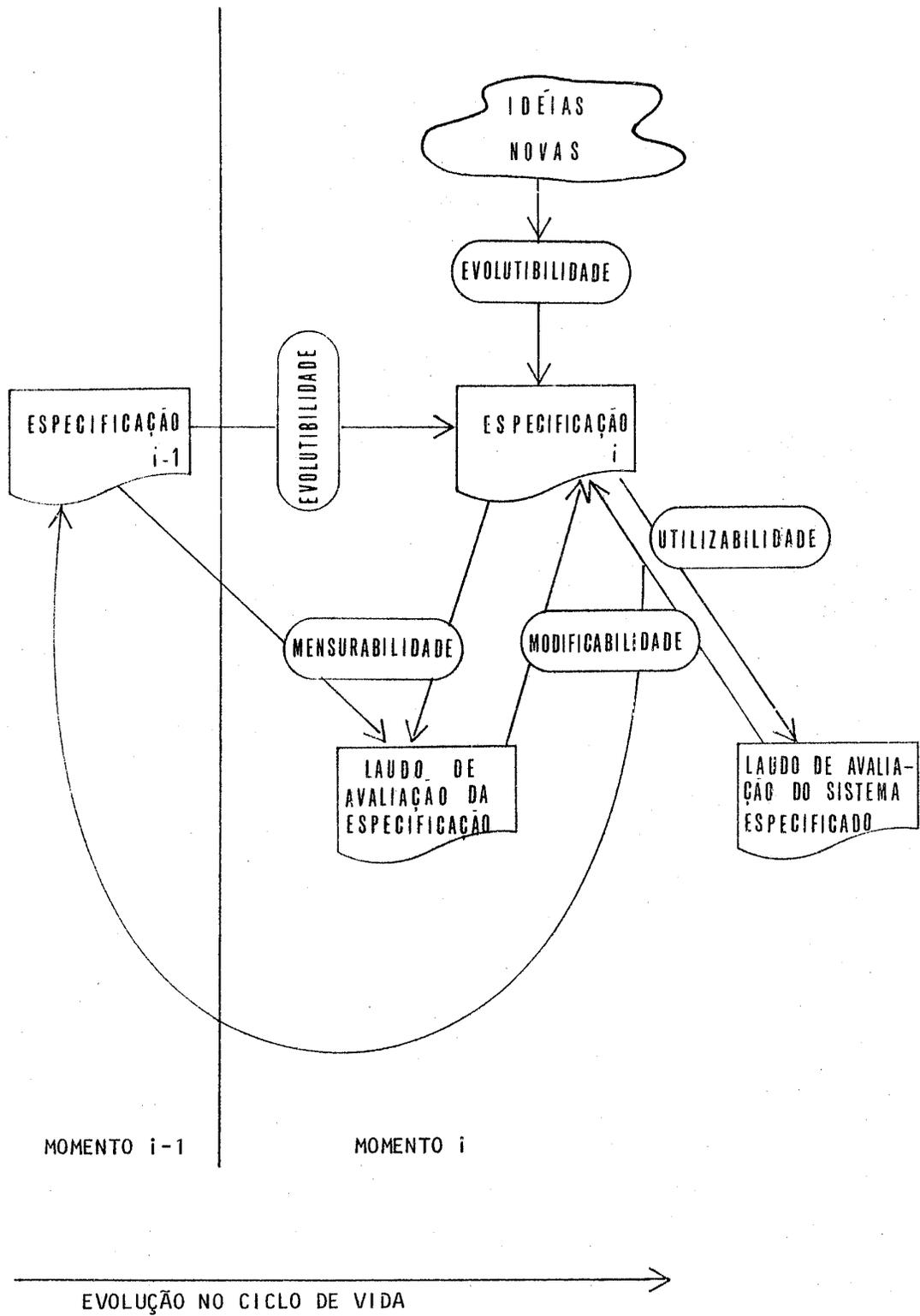


Figura 1

Na figura ficam evidenciados os objetivos de evolutibilidade, utilizabilidade, modificabilidade e mensurabilidade. Agora trataremos de identificar que fatores contribuem a que possam ser atingidos estes objetivos (fig.2):

- **evolutibilidade**

Para que possa haver evolutibilidade é necessário, em primeiro lugar, que os membros da família de linguagens de especificação sejam tais que as especificações sejam construtíveis e inteligíveis. Devem, também, estar disponíveis ao especificador cópias atualizadas de versões anteriores capazes de comunicar o conceito especificado sem, no entanto, condicionar prematuramente a evolução por um determinado caminho.

Um fator essencial para que se atinja este objetivo é detalhabilidade. Além disso, são necessários modularidade, estrutura e rastreabilidade. Sem estes fatores dificilmente se poderá evoluir com a especificação sem perder o controle sobre a mesma, já que elas garantem a possibilidade de uma evolução ordenada e consistente.

- **mensurabilidade**

Este objetivo procura garantir as qualidades que uma especificação deve ter para que se possa avaliar as suas propriedades e as do produto sendo especificado. Para que este objetivo seja atingido, entram em jogo vários fatores. Em primeiro lugar a especificação deve ser inteligível, capaz de comunicar o conceito e disponível em cópias atualizadas.

Um fator primordial para este objetivo é verificabilidade que, por sua vez, exige formalidade e concisão sem as quais é impossível se pensar em verificar. Para que isto se faça ordenadamente é necessário que se tenha modularidade e rastreabilidade.

Para o fator verificabilidade podemos identificar os seguintes critérios de qualidade para especificações: correção, consistência, completeza, necessidade e não ambiguidade.

- **utilizabilidade**

O objetivo utilizabilidade, como vimos, refere-se à avaliação do produto produzido segundo as especificações. Assim sendo, validabilidade é um fator primordial o qual, por sua vez, exige formalidade e concisão. Para que o procedimento de validação se faça de uma maneira ordenada são necessários os fatores modularidade e rastreabilidade. Tudo isso, no entanto, não será possível se faltarem inteligibilidade e comunicabilidade.

- **modificabilidade**

Para que especificações possam sofrer alterações sem perda de qualidade é necessário que cópias anteriores atualizadas estejam disponíveis e que as alterações sejam feitas apoiadas nos fatores modularidade e rastreabilidade. Tudo isso, mais uma vez, só é possível se existem os fatores inteligibilidade e comunicabilidade.

Se voltamos ao nosso objetivo de estabelecer uma seqüência (família) de linguagens de especificação podemos observar que os fatores

OBJETIVOS FATORES	EVOLUTI- BILIDADE	MENSURA- BILIDADE	UTILIZA- BILIDADE	MODIFICA- BILIDADE
CONSTRUTIBILIDADE	X			
INTELIGIBILIDADE	X	X	X	X
COMUNICABILIDADE	X	X	X	X
FORMALIDADE		X	X	
DISPONIBILIDADE	X	X		X
MODULARIDADE	X	X	X	X
LOCALIZABILIDADE				X
CONCISÃO		X	X	
DETALHABILIDADE	X			
ESTRUTURA	X			
RASTREABILIDADE	X	X	X	
VERIFICABILIDADE		X		
VALIDABILIDADE			X	
NÃO CONDICIONANTE	X		X	

Figura 2 - Objetivos e fatores de qualidade

são as qualidades que a família de linguagens deve possuir. Os critérios relativos à verificabilidade são as qualidades que cada especificação deve possuir para que possa ser utilizável.

O objetivo que tínhamos em mente é o de sistematizar as propriedades das especificações tal como têm sido apresentadas na literatura corrente. Deve ter ficado claro que faltam definir critérios e métricas. Falta, ainda, um teste de completeza dos fatores de qualidade.

4. CONCLUSÃO

Como vimos, cada etapa do processo de desenvolvimento acrescenta detalhes a uma especificação desenvolvida em alguma etapa anterior, ou então é criação totalmente nova. Para ajudar na elaboração de especificações que possuam os atributos adequados necessitamos o apoio de linguagens de especificação. Estas linguagens devem estar incorporadas ao ciclo de vida e adequadas ao nível de detalhe próprio da etapa onde serão utilizadas.

Neste artigo foi esboçado um modelo de avaliação das propriedades das especificações. Através do uso deste modelo torna-se possível avaliar as propriedades das linguagens a serem produzidas. Vimos, no entanto, que o modelo carece ainda de diversas melhorias e críticas, em especial, no que tange à definição de fatores e métricas. Este estudo, bem como o desenvolvimento da família de linguagens de especificação, está sendo levado a cabo no laboratório de software da PUC/RJ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ALFORD 76] — Alford, M.W.; Burns, I.F. — "R-Nets: A Graph Model for real-time software requirements", in Proceedings of the Symposium on Computer Software Engineering, N. Y. 1976.
- [LISKOV 77] — Liskov, B.; Zilles, S. — "An Introduction to formal specifications of data abstractions"; in Current trends in Programming Methodology, vol.1, ed. Raymond T. Yeh,

Prentice-Hall Inc., New Jersey 1977.

- [MAZZONI 81] -- Mazzoni, C.J. -- Um Modelo para avaliação da qualidade de software; Tese de Mestrado, PUC/RJ, outubro de 1981.
- [ROCHA 81] -- Rocha, A.R.C. da -- "Um Estudo comparativo de métodos de especificação de sistemas automatizados"; in Anales de la Primera Conferencia Internacional en Ciencia de la Computación, Santiago, Chile, agosto de 1981.
- [STAA 80] -- Staa, A. von; Cowan, D.D. -- "The Development Proposal: The first step in Software System Construction", The Journal of System and Software 1, 107-122 (1980).

R E S U M O

Especificações e projetos são documentos dirigidos aos usuários e desenvolvedores. Estas pessoas deverão ser capazes de entender estes documentos e avaliá-los quanto ao esperado grau de atingimento dos objetivos e qualidades do sistema.

Para isto ser possível é necessário existir um nível adequado de comunicação entre seus leitores, o que será possível somente se existirem linguagens de especificação e de projeto tornando fácil escrever e compreender estas especificações e projetos. Especificações, no entanto, são úteis somente se possuírem um nível adequado de qualidade.

Este trabalho discute as propriedades que linguagens de especificação devem possuir, levando em consideração uma família de linguagens baseada no ciclo de vida de sistemas automatizados.