# Uma Abordagem Ergonômica para o Desenvolvimento de Sistemas Interativos

**Walter de Abreu Cybis**
**Marcelo Soares Pimenta**
**Mário Cesar Silveira**
**Luciano Gamez**

Laboratório de Utilizabilidade da Informática (LabIUtil/Inf)
Depto de Informatica e Estatística (INE)
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)
Campus Universitário - Trindade - Cep 88040-900 - Florianópolis - SC
e-mail: *{cybis, pimenta, mcesar, lgamez}@inf.ufsc.br*

**Resumo**

*O presente artigo fornece uma visão geral das atividades, técnicas e ferramentas presentes na abordagem ergonômica para o desenvolvimento de sistemas interativos proposta pelo LabIUtil - Laboratório de Utilizabilidade da Informática da Universidade Federal de Santa Catarina. Esta abordagem visa apoiar a construção e a avaliação de sistemas interativos com as qualidades ergonômicas de utilidade e de facilidade de uso.*

**Palavras-chave:** Ergonomia, Usabilidade, Sistemas Interativos: desenvolvimento e avaliação

## 1. INTRODUÇÃO

A introdução de um sistema interativo em um ambiente de trabalho modifica a realização das tarefas por ele suportadas e condiciona o desempenho de seu operador aos erros e acertos da equipe de desenvolvimento do sistema.

Hoje há um consenso entre os desenvolvedores de software de que a qualidade do desempenho do usuário está ligada à qualidade de sua interface com o sistema. Assim, o desenvolvimento de sistemas interativos de qualidade exige a utilização conjunta e integrada de conceitos e técnicas específicas do domínio conhecido como Interação Humano-Computador (IHC) e de conceitos e métodos de desenvolvimento de sistemas considerados integrantes do domínio da Engenharia de Software.

Tradicionalmente a Engenharia de Software tem se ocupado do desenvolvimento do componente funcional do sistema, também conhecido como aplicação, enquanto que é do domínio de IHC, o componente que interage com o usuário, também conhecido como Interface com o Usuário (IU). Esta separação de componentes, no ponto de vista da arquitetura de sistemas interativos, é denominada *independência de diálogo* e possibilita dois benefícios essenciais:

1. a aplicação e a IU podem ser modificados e evoluir separadamente.
2. a interface com o usuário (IU) pode ser projetada por um especialista da área, o projetista de interfaces, que pode usar conhecimentos de design visual, psicologia cognitiva, ergonomia, semiótica, etc.

O conceito de independência do diálogo, no entanto, tem sido entendido e praticado como sinônimo de *isolamento de diálogo*, uma postura na qual o desenvolvimento do sistema interativo é feito através do desenvolvimento dos dois componentes em separado: tipicamente, primeiro a aplicação, depois a IU.

Assim, os engenheiros de software (analistas e projetistas da aplicação) têm uma **perspectiva interna** destes sistemas, priorizando aspectos essencialmente funcionais, como por exemplo, eficiência, manutenibilidade e portabilidade, conferindo ao desenvolvimento uma orientação funcional em detrimento da operacional. Assim, colocando em um plano secundário o desempenho do usuário face os objetivos de suas tarefas, tem-se como

resultado sistemas que efetivamente funcionam, mas que muitas vezes, são inadaptados aos usuários e inadequados às suas tarefas.

Por outro lado, os projetistas de interface compartilham de uma **perspectiva externa** dos sistemas, se concentrando em geral, nos aspectos de interação e não considerando adequadamente os aspectos funcionais e arquiteturais enfatizados pela Engenharia de Software. Um sistema interativo deve ser intuitivo e fácil de usar mas, como qualquer sistema, também deve ser robusto e fácil de manter, assim como seu desenvolvimento deve respeitar as restrições de orçamento e cronograma. Um sistema que não respeita estes aspectos não possui qualidade, nem sob o ponto de vista da IHC, nem no senso corrente da Engenharia de Software.

Em relação ao desenvolvimento de técnicas e ferramentas de trabalho verifica-se que hoje, o engenheiro de software encontra apoio para construir sistemas mais eficientes, confiáveis e baratos. O mesmo porém, não ocorre em relação ao projetista da interface, que baseia sua atividade no emprego de ferramentas rudimentares, basicamente editores gráficos, desprovidos de uma lógica mais aprofundada e desconexos face o desenvolvimento da aplicação. Ferramentas mais elaboradas nesta área, são ainda assunto de pesquisa (por exemplo JANUS, GENIUS, TRIDENT, Mastermind - ver um bom resumo em Vanderdonckt [24]) e encontram-se distantes do dia a dia do projeto.

Desta forma, grande parte dos sistemas produzidos atualmente tem um desenvolvimento dispendioso e não proporciona ao usuário uma operação satisfatória dos recursos que lhe são oferecidos. Para reverter este quadro, é necessário que desde as primeiras fases do desenvolvimento do sistema, se estabeleça uma estreita cooperação entre o projetista de IU e o projetista da aplicação. Esta cooperação pode se viabilizar através da definição de uma abordagem de projeto integradora e da implementação de um ambiente de apoio ao desenvolvimento de sistemas interativos seguindo o mesmo preceito básico da integração.

Este artigo apresenta uma visão geral da abordagem ergonômica para o desenvolvimento de interfaces com o usuário de sistemas interativos, conforme desenvolvida no LabIUtil, Laboratório de Utilizabilidade da Universidade Federal de Santa Catarina. Esta abordagem busca a adaptação ao usuário e adequação a sua tarefa, através da participação do usuário em ciclos evolutivos de concepção&testes ergonômicos conforme princípios e práticas resumidos na seção 2. A abordagem ergonômica proposta é descrita segundo as perspectivas de análise e concepção, na seção 3, e de verificação e validação da ergonomia do projeto, na seção 4. O artigo se encerra na seção 5, com considerações finais sobre os estudos de casos realizados a luz da abordagem proposta.

# 2. ERGONOMIA: PRINCÍPIOS E PRÁTICAS

A ergonomia[2] mostra-se habilitada a enfrentar os problemas e propor soluções lógicas para o desenvolvimento de software interativo que sejam adaptados a seus usuários e adequados a suas tarefas. Historicamente, esta disciplina tem tido um papel importante no desenvolvimento de sistemas, como os de controle de centrais nucleares e do tráfego aéreo, onde o caráter crítico exige mínimos níveis de erros e uma máxima eficiência na interação com o operador. Atualmente, face ao acelerado processo de informatização da sociedade, verifica-se a importância que a ergonomia da informática passa a ter para a qualidade de vida em geral, quando pessoas sem um treinamento específico passam a ter necessidades de acesso aos dispositivos informatizados existentes no seu trabalho, em sua casa ou mesmo em locais públicos.

Como disciplina, a ergonomia se vale dos conhecimentos sobre o homem no trabalho, com o objetivo de conceber e avaliar produtos e ferramentas que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficiência. Os fundamentos teóricos da abordagem proposta neste trabalho são os conhecimentos de fisiologia e de psicologia cognitiva, sendo sua base metodológica definida a partir da **Análise Ergonômica do Trabalho** (AET). Este método de análise do trabalho considera tanto a lógica de funcionamento, que representa a estrutura interna dos sistemas conforme concebida por seus projetistas, como a lógica de utilização, que é aquela desenvolvida pelos usuários a partir das manifestações visíveis destes sistemas [20]. Ele estrutura-se, por outro lado, na dicotomia entre tarefa prescrita e atividade realizada. A primeira representa a tarefa que os operadores devem realizar sob o ponto de vista pessoal, da gerência e da empresa. A noção de atividade, por sua vez, está ligada àquilo que realmente este operador executa em seu trabalho. Deste modo, a AET propõe o uso sinérgico de técnicas de coleta analíticas (entrevistas e questionários centrados no que deve ser realizado) e de técnicas empíricas (observação daquilo que realmente acontece no trabalho) para a análise das tarefas dos usuários. As informações recolhidas são

[2] segundo definição de Wisner, em [14].

representadas através de **modelos de tarefas**, que descrevem **o quê** um usuário faz quando realiza tarefas e, em alguns casos, **como** ele realiza estas tarefas. Estas descrições explicitam os objetivos, os procedimentos, as regras de funcionamento e as restrições impostas pelo contexto da tarefa.

De fato, trabalhos de pesquisa convergem para uma idéia central: a concepção de sistemas interativos mais úteis e usáveis depende do conhecimento das tarefas que as pessoas realizam e da aplicação deste conhecimento no processo de concepção de sistemas [1],[5],[13].

Além do uso de modelos de tarefas, mas sempre com o objetivo de construir sistemas que suportem de maneira efetiva e satisfatória as tarefas do(s) usuário(s), existem alguns **princípios ergonômicos** para o processo de construção de sistemas. Uma vez que este processo não é algorítmico, a formulação destes princípios é o resultado de uma experiência coletiva acumulada pela comunidade de Ergonomia e de IHC, examinando as práticas bem (ou mal) sucedidas. Os princípios são tipicamente apresentados na forma de critérios, recomendações ou normas, e raramente são associados a algum método de concepção. São por isto, altamente dependentes de quem os interpreta e aplica. Bastien & Scapin, desenvolveram, a partir do exame exaustivo de uma base de recomendações ergonômicas, o conjunto de critérios ergonômicos (C.E.) [3] que é empregado nas intervenções de ergonomia praticadas pelo LabIUtil.

1. A *condução* se define no convite (*presteza*) do sistema, na *legibilidade* das informações e telas, no *feedback imediato* das ações do usuário e no *agrupamento e distinção entre itens* nas telas. Esse último sub-critério refere-se tanto aos formatos (*agrupamento e distinção por formato*) como a localização (*agrupamento e distinção por localização*) dos itens.
2. A *carga de trabalho* se define na brevidade das apresentações e entradas (*concisão*), no comprimento dos diálogos (*ações mínimas*) e na *densidade informacional* das telas como um todo.
3. O *controle explícito* se define no caráter explícito das ações do usuário (*ações explícitas*) e no controle que ele tem sobre os processamentos (*controle do usuário*).
4. A *adaptabilidade* refere-se tanto as possibilidades de personalização do sistema que são oferecidas ao usuário (*flexibilidade*) como ao fato da estrutura do sistema estar adaptada a usuários de diferentes níveis de experiência (*consideração da experiência do usuário*).
5. A *gestão de erros* refere-se tanto aos dispositivos de prevenção que possam ser definidos nas interfaces (*proteção contra erros*) como à *qualidade das mensagens de erro* fornecidas e às condições oferecidas para que o usuário recupere a normalidade do sistema ou da tarefa (*correção dos erros*).
6. A *consistência* refere-se a homogeneidade e coerência das decisões de projeto quanto as apresentações e diálogos.
7. O *significado dos códigos e denominações* refere-se a relação conteúdo-expressão das unidades de significado das interfaces.
8. A *compatibilidade* se define no acordo que possa existir entre as características do sistema e as características, expectativas e anseios dos usuários e suas tarefas.

Esse conjunto de critérios tem sido, durante os últimos anos, alvo de uma série de experimentos que visam validá-los em suas pretensões adicionais de organizar os conhecimentos do domínio da ergonomia, contribuir para a normalização e de aperfeiçoar o diagnóstico ergonômico [2]. Assim, os autores consideram que atualmente, os critérios são válidos, confiáveis e úteis para, em particular, aumentar a performance de ergonomistas avaliadores [4].

A adoção de uma abordagem baseada nestes princípios e práticas permite não só conceber (incluindo analisar, especificar e construir) sistemas que considerem adequadamente os usuários, suas reais necessidades e suas práticas de trabalho, mas também construir e testar a usabilidade do sistema desenvolvido. Estes tópicos serão aprofundados nas seções seguintes.

# 3. ANÁLISE E CONCEPÇÃO DE SISTEMAS ERGONÔMICOS

Segundo o ponto de vista da ergonomia, é necessário *conhecer o trabalho para poder modificá-lo.* Assim, as repercussões da implantação de um aplicativo de software no ambiente de trabalho serão as melhores possíveis, na medida em que sejam considerados:

1. os conhecimentos sobre a estrutura da tarefa de referência (tarefa de origem) do novo sistema;
2. os princípios adequados para definir a nova repartição de tarefas entre homem e máquina;
3. um processo de especificação dos requisitos do futuro sistema baseado na participação de usuários em situações (reais ou futuras) de realização da nova tarefa interativa;
4. uma estratégia de especificação da interface com o usuário, com base em componentes abstratos de apresentação e diálogo;
5. as diversas formas do conhecimento ergonômico, para realizar as passagens previstas nos passos acima descritos.

Uma boa parte das decisões sobre a concepção de interfaces com o usuário de sistemas interativos baseia-se em informações obtidas através da Análise Ergonômica do Trabalho a ser apoiado pelo futuro sistema. Estas informações referem-se basicamente aos objetivos a alcançar, como eles se estruturam (seqüenciais, paralelos, alternativos, facultativos, repetitivos) e como eles são realizados (métodos) [21]. Deve-se conhecer em especial as tarefas mais freqüentes, as críticas e as de recuperação de erros e incidentes. Naturalmente, estas tarefas serão tratadas com prioridade no projeto. Quanto às informações associadas a estas tarefas, deve-se identificar principalmente, quais são as necessárias, quais são as inúteis e quais são as impertinentes na interação com o sistema atual. Em uma primeira etapa, caracterizada por entrevistas, questionários e análise de documentos, faz-se a coleta e a sistematização destas informações. Numa etapa final, deve-se validar estas informações através de observações do trabalho real.

A concepção da nova tarefa interativa representa um passo intermediário para a definição da interface com o usuário do futuro sistema. É uma maneira de planejar a interação homem-máquina em um nível mais elevado, sem preocupar-se precocemente com detalhes do projeto da interface com o usuário. Ela se justifica na lógica de reorganizar a tarefa original a partir da introdução do computador como ferramenta de trabalho. Tipicamente, esta concepção se baseia na experiência de profissionais de projeto que utilizam regras ergonômicas sobre a repartição de tarefas entre o homem e a máquina, e sobre a preservação da estrutura da tarefa original. Por outro lado, este é um processo iterativo do qual participa ativamente o usuário, para a definição e experimentação das situações de utilização do sistema interativo. O esclarecimento detalhado sobre as situações normais, críticas e de incidentes na operação do futuro sistema, representa o início da especificação de sua interface com o usuário.

No caso de um sistema interativo, a determinação de requisitos torna-se mais complexa, pois os aspectos técnicos e humanos inerentes a este tipo de sistema devem ser considerados em simultâneo e infelizmente, a literatura não apresenta propostas integradoras para uma sistematização destes aspectos. TAREFA (TAsk based Requirements Engineering FrAmework [15]) visa preencher esta lacuna e consiste de uma estratégia de Engenharia de Requisitos concebida especificamente para sistemas interativos, baseada na integração de conceitos, modelos e técnicas de Engenharia de Software e de IHC. Ele visa a determinação dos objetivos, das funções e das restrições de um sistema (objetivo clássico da Engenharia de Requisitos segundo Zave [25]) através da integração de técnicas como por exemplo, análise de tarefa, análise contextual, análise orientada a objetos, casos de uso (*use cases*), cenários e '*design rationale*'. Trata-se de uma abordagem sistemática de engenharia de requisitos de um sistema interativo futuro levando em conta a compreensão do contexto do sistema atual (informatizado ou não), e consiste basicamente de 2 (duas) macroatividades:

1. macroatividade de Análise, cujo objetivo é a compreensão da situação de trabalho atual existente, suas atividades e seu contexto; e
2. macroatividade de Síntese, cujo objetivo é determinar e representar os requisitos do sistema à partir das informações recolhidas na Análise e de um ciclo de experimentação com os usuários do sistema em várias situações de uso.

Estas duas macroatividades são compostas por *atividades sistemáticas* e *atividades emergentes*. As primeiras correspondem às atividades propostas pela maioria dos trabalhos publicados em Engenharia de Requisitos. Elas são realizadas notadamente pelo(s) analista(s), que podem planificá-las *a priori*, e seu controle de realização é associado a algum método. Por outro lado, *atividades emergentes* correspondem às atividades não sistemáticas e não planificáveis *a priori*, que emergem da cooperação entre usuários e analistas, envolvendo a discussão, confrontação de vários pontos de vistas e negociação visando a tomada de decisão e a resolução de problemas de maneira colaborativa (ver mais detalhes em Cissé&Pimenta [6]).

TAREFA é uma abordagem 'baseada em tarefas' (*task based*) em contraposição às 'baseadas em modelos' (*model based*) (ver definição em Vanderdonckt [24]). O modelo de tarefa é fundamental para a condução do processo de TAREFA e os outros modelos utilizados no desenvolvimento são o resultado de uma derivação/transformação de um modelo de tarefa ou uma descrição do contexto (organizacional, físico, etc.) das tarefas.

As proposições principais de TAREFA incluem:

1. enriquecer a modelagem do contexto de trabalho, ou seja, o contexto de realização das tarefas, tipicamente através da adoção de um conjunto de 5 (cinco) modelos, a saber:

   a) modelo ontológico do **vocabulário** do universo do problema [16] que estabelece uma unificação terminológica que permite uma melhor comunicação usuário-analista;

   b) modelo de tarefa minimal, um modelo de **intenções do usuário**, construído a partir do modelo de tarefas existentes e que serve como ponto de partida para a elaboração dos casos de uso (use cases) do sistema;

   c) modelo de contexto organizacional (Task Organisational COntext - TOCO) [17],[ 18], no qual as tarefas são realizadas; este modelo é complementar ao modelo de tarefas e permite representar os **elementos contextuais** dos processos de trabalho da organização, complementarmente aos objetivos e tarefas de cada usuário;

   d) modelo dos objetos do domínio do problema, que permite modelar um conjunto de classes (e seus relacionamentos de generalização, agregação e associação) que correspondem às **informações** significativas do domínio;

   e) modelo de plataforma, que permite representar qualitativamente a configuração de **recursos materiais** disponíveis para a realização do sistema, incluindo hardware (CPU, periféricos, rede, etc.) e software (sistemas operacionais, SGBDs, toolkits, etc.).

2. propor soluções a problemas típicos da Engenharia de Requisitos, tais como rastreabilidade, comunicação usuário-analista, participação do usuário no processo, e representação da 'design rationale';

3. adotar o conceito de casos de uso (*use cases*) como fio condutor do processo de determinação de requisitos (macroatividade de Síntese); casos de uso são modelos narrativos que descrevem situações (potenciais ou reais) de uso do sistema, permitindo investigar diferentes comportamentos do sistema em reação a diferentes condições e eventos além dos associados ao caso 'normal' de uso. Os casos de uso permitem formular requisitos funcionais e de interação que emergem destas diferentes situações;

4. se integrar a um método de desenvolvimento de software orientado a objetos, na medida em que este é o paradigma mais utilizado hoje em dia para o desenvolvimento de aplicações e, em particular, pelas ferramentas de prototipação/maquetagem de interfaces com o usuário. O método escolhido foi Objectory [11], no qual o conceito de *use case* tem também um papel fundamental associado aos processos de análise, construção e teste do sistema.

O processo de Engenharia de Requisitos com TAREFA consiste então de um ciclo das duas macroatividades:

i) macroatividade de Análise, onde é feita a modelagem enriquecida do contexto de trabalho com os 5 modelos apresentados acima;

ii) macroatividade de Síntese, composta por:

* construção de casos de uso a partir de modelos de tarefa;

*experimentação e avaliação dos casos de uso junto com os usuários;

*documentação dos requisitos coletados com experimentação e refinamento/revisão dos casos de uso

Na prática, alguns destes passos podem ser realizados em paralelo ou entrelaçados. Além disto, durante a realização de uma atividade, pode acontecer que falte uma informação ou novas questões apareçam. Isto significa que é preciso retomar alguma atividade anterior, confirmando o aspecto cíclico do processo.

Os resultados de TAREFA incluem:

1. um conjunto de modelos utilizados para representar o contexto de trabalho, e que pode ser reusado em outros desenvolvimentos no mesmo contexto;
2. um conjunto de casos de uso que serão empregados posteriormente como cenários de teste, verificação ou validação;
3. um modelo dos requisitos do sistema (incluindo requisitos funcionais, requisitos de interação e até outros requisitos não funcionais) associados também à fatores de qualidade do produto, do processo de desenvolvimento e de usabilidade;
4. um modelo da 'design rationale' da macroatividade de Síntese.

Em particular, o modelo de requisitos será usado na especificação do sistema, definindo os componentes responsáveis pelas funções, pelo controle, pelo armazenamento de informações (temporária ou permanentemente) e pela interface com o usuário.

A continuidade deste processo de especificação baseia-se na concepção de unidades de apresentação (telas, janelas, caixas de diálogo) da interface. Este passo é, em grande parte, realizado através das discussões e esclarecimentos sobre a interação previstos nos parágrafos anteriores. A partir daí, se desenvolvem as ações de projeto, com a seleção e a configuração de componentes de interação inicialmente abstratos (desvinculados de alguma plataforma comercial específica), que comporão as unidades de apresentação. É necessário então, que se produzam maquetes (não informatizadas) e protótipos intermediários da interface (já implementados em alguma plataforma concreta), para que sejam verificados por especialistas e validados pelos usuários, como será visto na seção seguinte.

# 4. VERIFICAÇÃO E VALIDAÇÃO DA ERGONOMIA DOS SISTEMAS

A verificação e validação ergonômica se realiza em todas as etapas do ciclo de desenvolvimento de sistemas interativos e, como atividades, devem estar explicitadas nos planos de testes do projeto. Elas estão separadas neste tópico apenas como uma forma didática de apresentação e envolvem técnicas analíticas de verificação e técnicas empíricas de validação.

As técnicas de verificação analítica dispensam a participação direta de usuários durante sua aplicação, que é feita por profissionais de projeto, cujo objetivo é de *verificar* a ergonomia da interface com o usuário. Existem duas formas básicas de alcançar este objetivo; via avaliação heurística e ou por inspeção. A avaliação se dá com base no conhecimento e competência de especialistas em ergonomia de IU, que aplicam as heurísticas e recomendações ergonômicas na identificação dos possíveis problemas na interação homem-sistema. A inspeção se baseia no emprego de ferramentas, como listas de verificação ou checklists de ergonomia, para conduzir a verificação que, dependendo do caso, pode ser realizada por profissionais não especialistas em ergonomia. Em ambos os casos, as técnicas produzem um diagnóstico dos problemas que, "a priori", os usuários podem encontrar durante a interação. Esses diagnósticos podem ser confirmados através de técnicas empíricas de validação (ensaios de interação) do sistema interativo junto ao usuário.

Uma avaliação heurística produz um julgamento de valor sobre as qualidades ergonômicas das interfaces, que é elaborado por especialistas no assunto. A técnica permite uma boa expectativa em termos da rapidez de avaliação e da qualidade de problemas diagnosticados mas, via de regra, não se pode garantir a abrangência do diagnóstico. Para identificar a maior parte dos problemas ergonômicos das interfaces é necessário engajar mais de 3 avaliadores com diferentes perfis de competência [12],[3]. Isto porque, neste tipo de técnica, os resultados dependem diretamente das pessoas que realizam as avaliações, mais particularmente da carga de conhecimento e experiência que trazem para a avaliação e do tipo de estratégia com que percorrem a interface. Pollier [19] registrou a dinâmica da avaliação de um sistema interativo por especialistas em ergonomia de software, para analisar seus resultados e principalmente suas estratégias de ação. A autora pôde constatar as grandes diferenças entre os resultados das avaliações individuais, evidenciando o caráter subjetivo de cada avaliação. Os dados obtidos no estudo de Pollier evidenciam a necessidade de um método ou técnica que possa uniformizar as análises e garantir uma média de desempenho individual superior para os analistas.

As inspeções ergonômicas por outro lado, são vistorias baseadas em listas de verificação (*checklist*s) com diferentes níveis de detalhe. São formas de sistematizar o diagnóstico dos problemas gerais ou específicos das

interfaces. Os checklists podem ser aplicados por profissionais de projeto, não necessariamente especialistas em ergonomia, como por exemplo, programadores, analistas e designers. A hipótese é de que, através de técnicas de inspeção bem definidas e estruturadas, os inspetores possam chegar a resultados de melhor qualidade, sob o ponto de vista de uniformidade, rapidez e do grau de importância dos problemas diagnosticados. Para tanto, Cybis [8] propõe que sejam definidos adequadamente os principais aspectos de um sistema de inspeção, a saber;

1. *Abordagem*; define a dimensão a partir da qual o objeto do estudo (no caso a interface homem-computador), será inspecionado;
2. *Modelo Subjacente*; define os elementos e a organização que caracterizam a dimensão do problema;
3. *Dinâmica*; define a ordem pela qual os elementos do modelo serão examinados (estratégia entre elementos-estratégia intra-elemento) ;

No LabIUtil estão sendo trabalhadas técnicas de inspeção a partir de duas abordagens possíveis para a inspeção [19]; qualidades e componentes. ErgoList, por exemplo, refere-se a abordagem por qualidades ergonômicas e TCCA refere-se a abordagem por componentes da interação homem-sistema.

A técnica **ErgoList** está organizada segundo o modelo Critérios Ergonômicos definidos por Bastien&Scapin [3], que definem padrões de apresentação e comportamento para os componentes da interação. Através desta abordagem, o avaliador percorre a interface em uma direção que pode ser classificada de "transversal" à definida pela abordagem por componentes. Um mesmo critério ergonômico refere-se a diferentes tipos de objetos. Um mesmo objeto possui aspectos relacionados a diferentes critérios. Assim, na aplicação de ErgoList o inspetor pode estar sujeito a problemas de desvios oportunistas: ele muda de critério de análise, à medida em que é chamado a atenção por problemas mais importantes ou mais facilmente abordados e que se refiram a outro critério. Este fato está também relacionado à natureza do conjunto de critérios que modela esta técnica:

1. Fronteiras fluídas: este problema está relacionado à natureza abstrata dos Critérios Ergonômicos, o que faz com que, em diversas situações, as fronteiras tenham que ser definidas de modo arbitrário por seus autores; Durante as avaliações, esta característica se traduz por indecisões em relação as classes dos problemas identificados;
2. Estrutura Plana: não existe *à priori* uma definição sobre as prioridades entre os critérios, o que faz com que a dinâmica das verificações possa se tornar pouco significativa para o inspetor.

Para evitar as mudanças de rota, uma série de cuidados foram tomados em relação à interface do sistema computacional que apoia a aplicação de ErgoList. Desenvolvido em HTML, este programa está disponibilizado no endereço www.labiutil.inf.ufsc.br/ergolist.

A técnica **TCCA** - Tarefa, Cenário, Componente e Atributo destina-se à verificação individualizada de componentes das interação usuário-computador, segundo modelo definido por Cybis [7]. A técnica se refere a cada componente da interação em particular (tela, caixa de diálogo ou botão de comando), que é inspecionado segundo seus atributos ergonômicos [22]. Por possuírem fronteiras bem definidas e uma hierarquia explícita, os componentes permitem implementar uma estratégia de verificação livre dos desvios oportunistas. Entretanto, devido ao caracter exaustivo da técnica, sua execução pode se tornar "pesada" para o avaliador. Assim, uma ferramenta computacional para apoiar a aplicação de TCCA, está sendo definida de modo a minimizar a carga de trabalho de inspeção.

A TCCA individualiza os problemas, enquanto que o ErgoList os generaliza. Assim, o emprego destas técnicas tem oportunidades diferentes, conforme a etapa do ciclo de desenvolvimento do produto em avaliação. ErgoList fornece uma visão geral dos problemas, o que pode ser útil para re-orientar o projeto nas primeiras etapas do desenvolvimento. A TCCA fornece resultados direcionados para a revisão dos problemas localizados no produto em estágios mais avançados do desenvolvimento. Um laudo produzido a partir de ErgoList pode também orientar o consumidor na tomada de decisão sobre adquirir ou não um determinado software.

Por outro lado, estas listas podem ser *genéricas* ou *especializadas*. As do primeiro tipo referem-se ao software interativo de uma forma geral. As especializadas são definidas para determinados tipos de software como, por exemplo os sistemas de tratamento de textos, os gerenciadores de base de dados ou os sistemas educacionais. Deve-se salientar que a especialização melhora as possibilidades de identificação de tipos de problemas específicos.

**TICESE** - Técnica de Inspeção de Conformidade Ergonômica de Software Educacional [10] é uma lista de verificação geral aplicada a software educacional que está sendo desenvovlida no LabIUtil. A técnica favorece a elaboração de um laudo técnico com o objetivo de orientar os responsáveis, na instituição de ensino, pela decisão de compra de software educacional. Um conjunto específico de critérios de análise está associado um conjunto de questões que visam orientar o(s) avaliador(s) na tarefa de inspecionar as qualidades ergonômico/pedagógicas do software educacional. Três módulos compõem a técnica. O módulo de Classificação, o módulo de Avaliação e o modulo de Contextualização.

1. O *Módulo de Classificação* tem como objetivo classificar o software quanto a sua modalidade, abordagem pedagógica e habilidades cognitivas exigidas de seus usuários.
2. O *Módulo de Avaliação* tem como objetivo avaliar a capacidade do software em auxiliar o aprendizado espec'fico através de uma inspeção de conformidade do software segundo um conjunto integrado de padrões ergonômicos e pedagógicos de qualidade.
3. O *Módulo de Contextualização* visa auxiliar no processo de tomada de decisão sobre a aquisição, mediante a adequação do produto ao contexto específico da instituição.

Os resultados da aplicação das listas de verificação conforme concebidas pelo LabIUtil, tendem a ser uniformes, pois os inspetores: (a) são conduzidos através de um *caminho* de questões a responder sobre a ergonomia do projeto, e (b) para entender o que está sendo solicitado, eles são apoiados por recursos de glossário e de informações adicionais.

Entre as técnicas empíricas, os ensaios de interação são os mais conhecidos. Seu objetivo é de *validar* junto ao usuário-alvo, as funcionalidades propostas para um sistema, bem como as formas de operação dessas funcionalidades. Tratam-se de simulações do uso de um software, das quais participa uma amostra de usuários representativos da população-alvo do futuro sistema. Elas são montadas em laboratórios ou nos locais de trabalho desses usuários, que como atores, devem tomar parte de um cenário no qual deverão realizar tarefas de seu interesse com o uso do software [23]. Dependendo do caso, esta técnica pode ser de demorada elaboração e de custo elevado, mas em todos os casos, ela permite um diagnóstico de problemas sérios e representativos da perspectiva do usuário [12]. A eficiência (custo x benefício) dos ensaios de interação depende de um planejamento prévio, com base nos resultados de técnicas analíticas de verificação ergonômica [9].

# 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido principalmente a sua extensão e multi-disciplinariedade, as técnicas e conhecimentos ergonômicos não têm sido usados no desenvolvimento de sistemas interativos. As atividades do LabIUtil têm o sentido de aplicar e desmistificar as ferramentas deste domínio, produzindo e disponibilizando ferramental de simples entendimento e técnicas de fácil elaboração. O objetivo é fazer com que os projetistas de aplicação e de interface, entre outros profissionais, compreendam e apliquem estes conhecimentos e técnicas em suas atividades de projeto de sistemas interativos.

A abordagem ergonômica aqui proposta foi aplicada em vários estudos de caso reais. Dentro da perspectiva de Análise, a abordagem TAREFA foi aplicada na Engenharia de Requisitos dos estudos de caso ATM (distribuidor de bilhetes, do inglês Automatic Teller Machine) e PLAHE-SOHO, o desenvolvimento de uma ferramenta (CSCW) de apoio às reuniões de planificação científica das operações semanais dos instrumentos a bordo do satélite SOHO (*SOlar and Heliospheric Observatory*) - satélite construído conjuntamente pelas agências espaciais européias (ESA) e americana (NASA). Estas aplicações estão descritas detalhadamente em [15].

Na perspectiva de Avaliação, esta abordagem tem sido aplicada em domínios variados, como Informática Educacional (*Bombas Óleo Hidraúlicas, Simulador de Circuitos Elétricos Prediais, Injeção Eletrônica*, todos desenvolvidos pelo sistema SENAI), Editores de textos (*Fácil 2.0 para Windows* da empresa Fácil Informática), Editores Multimídia (*EVEREST 3.0* da empresa Fractal Informática Ltda.), software de grande público (*Urna Eletrônica* para a eleição de 1996, e Imposto de Renda *IRPF97*), gerenciadores domésticos (Organizador pessoal e doméstico *PRÁTICO* da empresa Olos Tecnologia Ltda.), administração de Recursos Humanos (*Sistema de Recrutamento e Seleção* versão 5.8 Ethycompany Systems - SENAI On-line), controle informatizado de procedimentos jurídicos (*Pro-Juris*, Controle de Processos da empresa Sigma Informática Ltda.), CD-ROM's (*Aplicando Educação a Distância*, desenvolvido pelo laboratório de multimídia do SENAI/CTAI), programa de controle médico e saúde ocupacional (*WorkDB-PCMSO* da empresa Db Consult Informática Ltda.) e simuladores (Sistema de Controle de Válvula Proporcional Direcional Hidráulica via Computador - SENAI/CTAI).

A abordagem apresentada neste artigo está em consolidação e em um estado de permanente revisão e aprimoramento. Para tanto, busca-se mais aplicações em estudos de casos reais no âmbito industrial e uma diversidade maior de domínios. As perspectivas de continuidade desta pesquisa incluem a implementação de ferramentas de apoio à análise de tarefas (editores de modelos), ferramentas de apoio à geração (automática e/ou assistida) de cenários de teste, ferramentas de apoio às inspeções e avaliações ergonômicas, sistemas para inspeções automáticas, sistemas de gerenciamento da base de conhecimento associado ao (potencialmente enorme) corpo de informações envolvido na abordagem (informações da análise contextual, base de recomendações e normas ergonômicas, etc.) bem como, a elaboração de documentos e tutoriais (informatizados ou não) orientando seu uso (total ou parcial).

# REFERÊNCIAS


[1] BARTHET, M. F. (1988). *Logiciels Interactifs et Ergonomie* - Modèles et méthodes de conception, Dunod Informatique, 1988.

[2] BASTIEN, J. M. C., & SCAPIN, D. L. (1992). A validation of ergonomic criteria for the evaluation of human-computer interfaces. *International Journal of Human-Computer Interaction, 4(2),* 183-196.

[3] BASTIEN, C. & SCAPIN , D. (1993). Ergonomic Criteria for the Evaluation of Human-Computer Interfaces. (Relatório de Pesquisa Nº. 156). *INRIA -Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique*, Rocquencourt, França.

[4] BASTIEN, C. & SCAPIN , D. L. (1995). Evaluating a user interface with ergonomic criteria. *International Journal of Human-Computer Interaction, 7,* 105-121.

[5] BENYON, D. (1992). *The role of task analysis and systems design*. Interacting with Computer, 4 (1), 1992.

[6] CISSÉ, A.; PIMENTA, M.S. (1996). *Requirements Engineering as an Emergent Process.* In: Proc. of Fifth European Workshop on Software Process Technology (EWSPT 96), October 1996, Nancy, France, Lecture Notes in Computer Science (LNCS) N. 1149, Springer Verlag.

[7] CYBIS, W. A. (1994), *A identificação dos objetos de interfaces homem-computador e de seus atributos ergonômicos*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

[8] CYBIS, W. A. (1997), *Desenvolvimento de técnicas de inspeção ergonômica de sistemas interativos*. In. Anais do 8 Congresso Brasileiro de Ergonomia, Florianópolis, SC

[9] CYBIS, W, & MOÇO, S. (1997) *Técnica de elaboração de cenários visando os ensaios de interação.* In. Anais do 8 Congresso Brasileiro de Ergonomia, Florianópolis, SC

[10] GAMEZ, L. *Técnica de inspeção de conformidade ergonômica de software educacional*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Humana - Universidade do Minho, Guimarães Portugal (a ser publicado).

[11] JACOBSON, I. et all. (1992). *Object oriented software engeneering*. ACM Press, Addison-Wesley, 1992.

[12] JEFFRIES, R., MILLER. J., WHARTON, C. & UYEDA, K. (1991) *User interface evaluation in the real world*: a comparison of four techniques. In CHI 91 Human Factors in Computing Systems, New Orleans.

[13] JOHNSON, P. (1992). *Human-Computer Interaction*: Psycology, task analysis and software engineering, Mc-Graw Hill, Maidenhead, UK, 1992.

[14] LAVILLE, A. (1977). *Ergonomia* (First ed.) São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda.

[15] PIMENTA, M.S. (1997). *TAREFA: Une Approche pour L'Ingénierie des Besoins des Systèmes Interactifs*, Thèse de Doctorat en Informatique, Université Toulouse 1, Outubro de 1997, Toulouse, França.

[16] PIMENTA, M.S.; FAUST, R. (1997). *Eliciting Interactive Systems Requirements in a Language-Centred User-Designer Collaboration*. In: ACM SIGCHI Bulletin, V. 29, N.1, January 1997.

[17] PIMENTA, M.S.; BARTHET, M.-F. (1996a). *Context Modelling for an Usability Oriented Approach to Interactive Systems Requirements Engineering*. In: Proc. of IEEE International Symposium and Workshop on Engineering of Computer Based Systems (ECBS 96), March 1996, Friedrichshafen, Germany.

[18] PIMENTA, M.S.; BARTHET, M.-F. (1996b) *Task Organisational Context Modelling: an Approach for Improving Interactive Systems Usability*. In: In: Proc. of First International Conference on Applied Ergonomics (ICAE 96), May 1996, Istanbul, Turkey.

[19] POLLIER, A. (1991). *Evaluation d'une interface par des ergonomes*: diagnostiques et stratégies Rapport de Recherche Nº 1391. INRIA.

[20] RICHARD, J. F. (1983). *Logique du fonctionnement et logique de l'utilisation*. Rapport de Recherche 202, Rocquencourt, France: INRIA.

[21] SEBILLOTTE, S. & SCAPIN, D.L. (1994). From users' task knowledge to high level interface specification. *International Journal of Human-computer Interaction, 6*, 1-15.

[22] SILVEIRA, M. C. *Técnica de Inspeção de conformidade ergonômica de software interativo voltada à componentes*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil (a ser publicado).

[23] VALENTIN, A., VALLERY, G & LUCONGSANG, R. (1993). *L'évaluation ergonomique des logiciels*; une démarche interative de conception (first ed.). Paris: ANACT.

[24] VANDERDONCKT, J. (1996). Current trends in computer aided design of user interface. In Proc. of *2th International Workshop on Computer-Aided Design of User Interfaces* (CADUI'96), Namur, Belgique, 5-7 June 1996, Vanderdonckt, J. (ed.), Presses Universitaires de Namur.

[25] ZAVE, P. (1995). Classification of research efforts in requirements engeneering. *Used as classification scheme for the Second IEEE Intl. Symposium on Requirements Engineering* 1995.