
CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

ÍNDICE

Prefácio.....	2
1.1.- Enquadramento.	5
Multidisciplinaridade.	7
Separação de Componentes.	8
Integração, Contexto e Metodologia.	10
1.2.- Objectivos e Contributos.	11
Contributos.	13
1.3.- Estrutura e Apresentação da Tese.	14

Prefácio.

A filosofia da tecnologia dá-nos hoje razões suficientes para que possamos acreditar que o ser humano, para além de ser eminentemente social como quase todos os outros seres é, e sempre foi, ao invés de todos os outros, um ser emi-nentemente tecnológico [Mitcham e Mackey 83].

De facto, o ser humano desde sempre se mostrou capaz de construir "novas-naturezas" ou "super-naturezas", entrepostas entre si e a natureza original, procurando deste modo superar condições ou contextos adversos. A maioria dos outros seres vivos, perante a incapacidade prática de *existir*, resigna-se, impo-tente, à extinção. Apenas o ser humano, usando a extraordinária capacidade que lhe foi, doseadamente, fornecida - a inteligência - procura, em primeiro lu-gar a sobrevivência, e de seguida a "boa existência", recorrendo a instrumentos ou artefactos por si criados para alcançar tais objectivos: *a tecnologia*.

A tecnologia resulta pois, em definitivo, do facto dramático e metafísico de duas entidades - homem e natureza - díspares mas inter-relacionadas (ou não fosse o homem um produto da própria natureza) serem obrigadas a coexistir de tal forma que uma delas - o homem - tem que ser capaz de se "instalar" na outra. O problema de "como fazê-lo" é, pois, um problema de engenharia que pode ser visto como o problema da existência humana.

Não sendo já um puro problema de sobrevivência, implicando até por vezes, como sabemos, alguma ameaça à mesma a longo prazo, a relação entre humano e tecnologia atingiu um nível tão elevado e tão comum que a era actual é por muitos designada por *Era da Tecnologia*.

O desenvolvimento tecnológico é, em geral, a resposta das sociedades aos problemas de aumento da complexidade no controlo e na gestão global que periodicamente as afectam. Juntando a esta predisposição da sociedade para a utilização de tecnologia a viragem pressentida por alguns (cf. a *sociedade pós-industrial* de Bell [Bell 73]) e constatada por outros (cf. a *terceira vaga* de Toffler [Toffler 80] ou a *idade da informação* de Dizard [Dizard 82]), não deverá surpre-ender que uma das tecnologias mais importantes da sociedade actual seja a *tecnologia de computação*. Surgida na década de 40, e tendo por instrumento fundamental o *computador*, é encarada como a tecnologia-solução no combate a tal *complexidade*.

Marchetti, em [Marchetti 81], mostra que se as sociedades forem tratadas como processos de aprendizagem, explicações simples podem ser encontradas para os bem conhecidos ciclos de substituição tecnológica. O desenvolvimento de uma nova tecnologia, ou área científica, segue, em geral, uma *curva de aprendizagem* que corresponde a um normal processo social de aquisição de in-formação e conhecimento. Segundo o modelo de Marchetti, um padrão genérico de evolução pode ser reconhecido em tais desenvolvimentos, correspondendo a períodos de trabalho ou fases,

associados às actividades de *descoberta*, *réplica*, *experimentação*, *teorização*, *automatização* e *maturidade*.

O *período de descoberta* corresponde ao avanço do processo criativo. O *período de réplica* corresponde às múltiplas tentativas de obtenção de resultados iguais visando melhor compreender a própria inovação. O *período de experimentação* surge a partir do momento em que a replicação é garantida, passando-se assim à fase de análise que deverá encontrar regras que expliquem e facilitem, por sistematização, a concepção. Segue-se o *período teórico* onde se procuram estabelecer as teorias que permitirão explicar a inovação de forma rigorosa, porque fundamentada, convertendo regras pragmáticas em princípios. O *período de automatização* segue-se ao período anterior, passando a concepção a ser realizada de forma automatizada, porque baseada na teoria e nos modelos desenvolvidos. Finalmente, segue-se o *período de maturidade* no qual as teorias se encontram já assimiladas passando a ser aplicadas de forma "rotineira".

Ayres, em [Ayres 68], usa este modelo para explicar o desenvolvimento das infraestruturas da tecnologia da computação e a relação entre as diversas curvas de aprendizagem e o aparecimento das diferentes gerações. O modelo apresentado é importante, pois possibilita, com algum rigor, realizar avaliações objectivas do grau de desenvolvimento já atingido numa particular subárea ou disciplina, seja ela mais tecnológica ou mais fundamental, mais física ou mais lógica, e fazer o seu enquadramento no ciclo de desenvolvimento descrito, daí inferindo o nível do actual conhecimento (desenvolvimento) na área.

Assim, os avanços criativos em certas áreas tecnológicas da computação, em conjunção com o normal desenvolvimento de outras, tem conduzido, em geral, ao advento cíclico de novas gerações de computadores e, em consequência do aumento das capacidades computacionais, ao aparecimento, ou aumento de importância, de certas áreas disciplinares até então sem o necessário suporte tecnológico.

É este o caso da disciplina designada por *Interação Humano-Computador* (IHC)¹. As primeiras preocupações em tecnologia da computação relacionadas com o objecto desta disciplina coincidem temporalmente com o aparecimento da 2ª geração, e centram-se fundamentalmente em questões de ergonomia orientada especificamente aos profissionais operadores [Shackel 59]. O aparecimento dos sistemas de *time-sharing* no início dos anos 70, portanto em plena 3ª geração, corresponde à comutação definitiva do processamento *batch* para o processamento interactivo, e à passagem de uma maioria de

¹ A designação adoptada, ainda que menos convencional, é mais abrangente que a redutora designação de Interação Homem-Máquina (IHM), historicamente conotada com preocupações de ergonomia da máquina. Alternativa aceitável, e até mais apropriada, poderia ser Interação Utilizador-Sistema (IUS), assumindo-se Sistema como Sistema *Software* e não máquina física. Seja porém, no contexto desta tese, aceite a utilização de IHC como acrónimo da área em que a tese se enquadra.

utilizadores profissionais para uma de utilizadores não profissionais, sendo por estas razões histórica-mente considerado o verdadeiro momento de *arranque* da disciplina. Finalmen-te, é nos anos 80, com a massificação dos meios computacionais resultante do aparecimento e sucesso dos computadores pessoais, que a disciplina adquire uma importância fulcral e é alvo de um grande investimento técnico e científico, constatada que foi a grande falta de conhecimentos existente quanto ao desen-volvimento de aplicações interactivas, em particular quanto à camada lógica que deve implementar a comunicação do utilizador com a aplicação, ou seja, a *Interface com o Utilizador* (IU).

A Interacção Humano-Computador (IHC) é uma área de grande responsabili-dade para a tecnologia da computação dado o seu posicionamento como char-neira entre a tecnologia desenvolvida e os utilizadores da mesma. Mais até do que simples charneira, a área de IHC é, hoje em dia, responsável pelo sucesso final, i.é. junto da sociedade (os utilizadores), de todos os esforços tecnológicos subjacentes, quer físicos quer lógicos.

Assim, e ainda que muito do sucesso em IHC possa depender da ciência e da tecnologia subjacente bem como das próprias influências da sociedade, o sucesso destas é igualmente bastante dependente do que se conseguir atingir em IHC. A percepção desta interdependência múltipla justifica, só por si, a inclusão deste prefácio, de enquadramento geral da área de IHC na tecnologia em questão, e desta na sociedade, e que o autor, para si próprio, considerou relevante equacionar e clarificar.

Pode assim afirmar-se que a tese científico-tecnológica que se apresenta é mais um exemplo dos muitos esforços multidisciplinares que, tendo em conside-ração a relevância da área de IHC para a tecnologia da computação em geral, conforme foi antes sublinhado, procuram produzir contribuições que possam conduzir a efectivos desenvolvimentos em IHC. No caso particular desta tese, técnicas e métodos rigorosos oriundos das Ciências da Computação são invoca-dos e empregues com o objectivo de se introduzir rigor, concepção integrada e sistematização na área de IHC, em particular na concepção e desenvolvimento de Sistemas Interactivos. Ainda que os objectivos principais da tese sejam orien-tados para a melhoria do projecto e da implementação de sistemas interactivos, as preocupações com o utilizador e com a melhoria das facilidades de utilização das aplicações interactivas estão, como veremos, igualmente contempladas nos modelos propostos.

1.1.- Enquadramento.

O trabalho apresentado nesta tese intersecta essencialmente duas áreas científicas: a *Interação Humano-Computador* (IHC) e a *Engenharia da Programação*², esta na sua vertente mais fundamental, as Ciências da Computação, em especial pela aplicação de *Métodos Formais* de especificação e desenvolvimento.

Interessa pois analisar o grau de maturidade passível de ser encontrado em cada uma destas áreas científicas, por ser relevante para a compreensão do que pode ser atingido num trabalho que, tal como o que se apresenta nesta tese, procura recolher e integrar conhecimentos e práticas com origens e graus de desenvolvimento tão distintos, com o objectivo de encontrar melhores soluções para os problemas a resolver na área-objecto.

A área-objecto desta tese é a área de IHC. Procurar-se-ão utilizar técnicas e métodos das Ciências da Computação, a área-fonte, com o objectivo genérico de promover a concepção rigorosa e integrada, isto é, com elementos e princípios de ligação entre si, das camadas interactiva e computacional de Sistemas Inter-activos.

Segundo [Gaines e Shaw 86] o estágio de desenvolvimento da 5ª geração é o seguinte:

- ? *produção em massa*, e a baixo custo, de dispositivos electrónicos e computadores, onde se atingiu já o nível de automatização;
- ? *automatização parcial* do desenvolvimento de “software” e maior rigor, tendo por base a existência de modelos rigorosos, formalismos de especificação, ferramentas, experiência, regras e teoria;
- ? *bases teóricas* lançadas na área de IHC após o reconhecimento de princípios e regras derivados da experimentação.

Deste modo, como se pode verificar, as duas grandes áreas que constituem o enquadramento geral do trabalho apresentado nesta tese

² O termo *Software Engineering* surgiu nos finais dos anos 60 com o objectivo de salientar as diferenças entre as técnicas e métodos de programação das técnicas e métodos de construção de sistemas *software*. Traduzido em geral por Engenharia do “Software” ou Engenharia de “Software”, utilizar-se-á no entanto ao longo da tese a expressão *Engenharia da Programação*, ainda que com significado equivalente aos anteriores e em igual sentido lato.

encontravam-se no final dos anos 80 em diferentes fases do seu desenvolvimento.

A 5ª geração marcou a transição entre uma área de IHC voltada para si própria, demasiado preocupada com problemas psicológicos e ergonómicos, de interesse apenas para uns quantos especialistas, para uma área tecnológica de IHC de importância crucial, na qual o esforço técnico e científico, sem descurar os factores humanos, passou a ser mais abrangente e a incorporar preocupações básicas quanto à forma de concepção, e posterior utilização, de sistemas baseados em computadores³. A intrínseca complexidade da área de IHC, a sua multidisciplinaridade, bem como as dificuldades resultantes de uma verdadeira integração de resultados, ainda que se registem significativos avanços nos suportes tecnológicos, colocam a área, ainda hoje, no início da sua fase de teorização, o que justifica as múltiplas afirmações da sua "imaturidade" [Harrison e Thimbleby 90] [Abowd 91].

Em síntese, poder-se-á afirmar que os desenvolvimentos em IHC têm sido conduzidos mais pela tecnologia que vai sendo disponibilizada do que pela teoria ou pela aplicação de métodos que permitam a sistematização das concepções e dos desenvolvimentos. A extraordinária evolução das capacidades da tecnologia "hardware", reflectida nas "performances" dos dispositivos físicos de entrada e saída, resultou na viabilização de meios e formas adicionais de comunicação, de e para o utilizador, nos sistemas interactivos actuais. A comunicação pôde já deixar de ser apenas textual (a palavra) e passar a assumir formas gráficas (desenhos, imagens e filmes), sonoras (voz e som) e até gestual (interpretação de movimentos).

No entanto, estes desenvolvimentos tecnológicos apenas vieram aumentar o grau de complexidade da concepção e implementação de aplicações interactivas, dado que do ponto de vista dos métodos e dos processos muito pouco foi até agora desenvolvido. Naturalmente que a esta intrínseca complexidade se deve ainda adicionar a complexidade inerente à existência de uma forte e próxima componente humana. De facto, no contexto de IHC, os sistemas computacionais são concebidos e implementados não apenas com o objectivo de "funcionarem bem" mas também, e até fundamentalmente, para que sejam "utilizáveis". A aparente diferença de natureza e de objectividade de tais requisitos, indicia, desde logo, uma dicotomia de problemas e preocupações que conduz naturalmente à pesquisa de métodos, técnicas e tecnologias específicas para cada um dos problemas em causa.

Distinguem-se assim preocupações relativas à *componente de construção* (ligada à aplicação) de preocupações respeitantes à *componente comportamental* (ligada ao utilizador). Esta dicotomia é, em geral, não convergente por (tal

³ Foi a massificação dos computadores pessoais na década de 80 que revelou a falta de conhecimentos na área de IHC. A partir de então, a área sentiu um enorme crescimento em importância e, conseqüentemente, em financiamentos, projectos, investigadores e resultados [Harrison e Hix 89].

como se discutirá na secção 2.2) corresponder muitas vezes a visões liminarmente diferentes da disciplina de IHC. Não garantindo integração de resultados, tal dicotomia é em muito responsável pela complexidade e insuficiência de desen-volvimentos positivos e sedimentados nesta área.

Identifica-se desde modo um primeiro factor de complexidade em IHC que resulta do facto de existirem duas entidades activas (processadores) em estudo mas de características muito distintas, a saber: o *humano* e o *sistema computacional*. Assim, é natural que, ainda que o objectivo final das concepções seja de carácter sistémico (ao procurar integrar ao nível de um único sistema as liga-ções entre estes dois processadores), métodos e técnicas específicas tenham que ser desenvolvidas para um adequado estudo de cada um deles, com todos os adicionais problemas de um posterior relacionamento entre si para transferên-cia e incorporação de resultados. A *multidisciplinaridade* é pois, inequivocamen-te, uma característica básica em IHC e a primeira responsável por alguma da complexidade da área.

Multidisciplinaridade.

Na área de IHC é que reside, de facto, a verdadeira fronteira entre os sistemas computacionais que informáticos desenvolvem em laboratório, e a sociedade, ou núcleo de utilizadores, que neles procuram encontrar "ferramentas" auxiliares à execução das suas actividades ou, apenas até, instrumentos lúdicos. Do embate entre as capacidades computacionais e de utilização dos primeiros com as expectativas dos segundos, resulta naturalmente o que, numa criação, menos se controla - a *avaliação*. Esta avaliação do produto criado é tanto menos determi-nável "a priori" quanto subjectiva e potencialmente injusta, dado que o avalia-dor, o utilizador, é ele próprio um dos intervenientes do sistema, podendo uma avaliação negativa do produto ser apenas resultante da sua própria falta de ca-pacidades.

Porque muita da componente humana continua a ser uma incógnita, desde a aquisição de conhecimentos ao comportamento, mas também porque ela se encontra inexoravelmente presente e constitui até elemento decisório na avaliação dos sistemas computacionais interactivos, o seu estudo em IHC é, no mínimo, tão relevante quanto os estudos efectuados ao nível do desenvolvimen-to dos sistemas computacionais.

Objectos de estudo diferentes implicam, como se referiu atrás, diversidade de conhecimentos e, portanto, estarmos perante uma área multidisciplinar⁴. Em [Gaines e Shaw 86] a IHC é, idealmente, identificada como área de convergência indispensável de adequados estudos em áreas

⁴ A definição rigorosa de *disciplina* e a fundamentação para que, naturalmente, uma disciplina se possa dividir em subdisciplinas de áreas científicas distintas, sendo assim multidisciplinar, é apresentada na secção 2 do capítulo 2. Aqui apenas se introduz a constatação.

tais como, Linguística, Psicologia, Ergonomia, Engenharia do Conhecimento, Inteligência Artificial, Engenharia da Programação, Ciências da Computação, etc.

Por exemplo, muito conhecimento na área da comunicação humano-huma-no oriundo da Semiótica e da Semiologia poderá ser herdado. Nestas disciplinas científicas, cultura e comunicação são associadas a sistemas de signos (al-guns dos quais ícones), às noções de significante e significado, às noções de mensagem e código de mensagem, e às noções de emissor e receptor [Eco 73], naturalmente presentes também na comunicação humano-computador. As li-ga-ções possíveis entre conhecimento e linguagem, tão importantes em IHC, mui-to poderão herdar também de reflexões idênticas noutras áreas, em particular das teorias da linguagem e da aprendizagem [Piaget e Chomsky 87].

Porquê invocar como necessários tão diversos conjuntos de conhecimentos? Fundamentalmente porque em IHC se tem que abordar o problema de, ideal-mente, colocar em *interacção*⁵ humanos e computadores, sendo invocados os conhecimentos adquiridos nas disciplinas tradicionalmente devotadas ao estudo de cada uma destas entidades.

Por tais razões, qualquer estudo em IHC deverá ter sempre em consideração a possibilidade de incorporação de resultados obtidos noutras disciplinas, o que não sendo fácil, dada a usual distância terminológica e de perspectivas, não pode nunca ser descurado. O conhecimento global em IHC e, em resultado, a sua evolução, será sempre resultante da capacidade de fusão de conhecimentos multidisciplinares.

Separação de Componentes.

Curiosamente, a dicotomia atrás referida vê-se reforçada logo ao nível de um dos princípios mais bem estabelecidos nesta área ao nível do desenvolvimento tecnológico, o designado *princípio da separação* [Casey e Dasarathy 82] [Kasik 82]. Este princípio vai de encontro ao requisito de *independência do diálogo* pro-posto já em [Ehrich e Hartson 81] e que sugere uma estruturação da concepção, do desenvolvimento e até da implementação de aplicações interactivas, pela se- paração da aplicação, ou camada computacional, da Interface com o Utilizador, ou camada interactiva.

Esta estruturação, baseada na separação e no isolamento dos processos e técnicas para a concepção e desenvolvimento destas camadas, teve resultados bastante positivos do ponto de vista do desenvolvimento de tecnologia de inter-acção ou de simples apresentação, conforme a sinopse

⁵ Ainda que o nível actual de tal relacionamento esteja longe de ser *interacção* no verdadeiro sentido do termo, conforme se justifica no capítulo 2, procura-se pragmaticamente em IHC que o sistema computacional seja, pelo menos, um auxiliar adequado às necessidades de satisfação de certos objectivos que os utilizadores humanos mais facilmente esperam atingir com a sua utilização.

que será apresentada no capítulo 2. O princípio favorece ainda, conceptualmente, a manutenção ou alte-ração da camada interactiva sem que tal provoque interferência na camada apli-cativa, dada a sua independência.

Porém, e apesar da importância desta separação que consubstancia igualmente uma potencial modularidade, sempre aconselhável em Engenharia da Programação, dificuldades e problemas adicionais acabaram por ser levantados. Estes problemas podem ser caracterizados como sendo de quatro naturezas dis-tintas: de *requisitos*, de *comunicação*, de *controlo* e de *integração*.

Em primeiro lugar, surge o problema da sincronização e coerência dos requisitos. Tendo os requisitos de interacção a ver com os utilizadores e os requisitos computacionais com os clientes da aplicação, torna-se necessário garantir a não existência de requisitos de interacção incompatíveis com as capacidades computacionais a desenvolver e, ainda que menos óbvio, inversamente também.

Separação, modularidade e encapsulamento⁶ das componentes implicam por outro lado a necessidade de se criarem adequados componentes de ligação, designadamente interfaces, comunicação e protocolos.

Adicionalmente, tal separação introduz problemas relativos à forma e ao local de realização do controlo da interacção. De facto, o controlo da interacção, e consequentemente o controlo das transições de estado da aplicação, poderá re-sidir, como é mais tradicional, na camada computacional, passar a residir com-pletamente na camada interactiva, ser de tipo misto, ou seja acções interactivas podem invocar acções computacionais e vice-versa, ou ser de tipo balanceado⁷, isto é, colocado numa terceira componente que passa a gerir a sequenciação de invocações de funções quer de diálogo quer computacionais. É prematuro emitir aqui juízos de valor quanto às vantagens de um tipo de controlo relativamente a outro, mas algumas constatações devem ser apresentadas. Em primeiro lugar, a tecnologia de interacção actualmente mais usada baseia-se fortemente nesta separação e num modelo de interacção do tipo acção-reacção, pelo que "força" um controlo do fluxo do diálogo quase completamente residente na camada in-teractiva. Por outro lado, e conforme mostra Cockton em [Cockton 91], nenhum juízo valorativo deve ser realizado sobre tais estratégias de controlo porque ne-nhum modelo de controlo do diálogo pode ser justamente comparado sem se ter em consideração o contexto arquitectural, em particular as "ferramentas" forne-cidas como suporte à construção da Interface com o Utilizador.

⁶ Neologismo informático resultante da tradução livre e directa do termo inglês *encapsulation* e que deve ser considerado um neo-sinónimo da palavra portuguesa *capsulação* empregue pelos mais puristas.

⁷ Palavra portuguesa que se associou, dada a similaridade sintáctica e semântica, com o termo original *balanced*, significando diálogo equilibrado entre componentes, sendo o ponto de equilíbrio colocado numa componente adicional.

A separação introduz, por outro lado, a necessidade de se considerarem dois tipos de "diálogo": de *superfície* e *interno*. O *diálogo de superfície* consiste no diálogo entre o utilizador e a camada interactiva, e é o único observável externamente à aplicação interactiva. É esta comunicação, este diálogo, que interessa do ponto de vista do estudo da componente comportamental dos sistemas interactivos. Este é ainda o diálogo a estudar quando os aspectos cognitivos e ergonómicos devem ser considerados. O designado *diálogo interno* tem a ver com a comunicação entre a camada interactiva e a camada computacional. Não sendo visível externamente, é contudo importante do ponto de vista das preocupações de construção do sistema. A ligação entre um e outro, principalmente se notações distintas forem usadas para a especificação de cada um deles, é mais um problema a resolver na concepção e implementação de sistemas interactivos.

Integração, Contexto e Metodologia.

O último problema mencionado, integração de componentes, acaba por ser o somatório de todos os anteriores. A concepção, em isolamento, das duas camadas, interactiva e computacional, resulta em geral na utilização de técnicas e ferramentas específicas para cada uma delas e, em consequência, no aumento das dificuldades de comunicação e integração de resultados e de concepções.

Por outro lado, considerar a concepção e a construção da Interface com o Utilizador em isolamento da camada computacional, corresponde ao tratamento do *léxico* e da *sintaxe* da interacção sem qualquer possibilidade de as relacionar com a *semântica*. Em resultado, Interfaces com o Utilizador assim desenvolvidas podem rapidamente exibir "apresentações" (ou *look*) que podem ser testadas e até iterativamente adaptadas aos utilizadores, mas que não podem ainda exibir um comportamento (ou *feel*) igual ao definitivo, dado que este será sempre *dependente do contexto*, ou seja, do estado da interacção, que é por sua vez muito dependente do estado da aplicação. Portanto, parece óbvio que, sem conhecimento da aplicação não pode haver contexto e sem contexto não pode haver uma completa simulação da interacção que efectivamente poderá ocorrer. Em casos extremos, por exemplo nas interfaces baseadas no paradigma da manipulação directa [Shneiderman 83], o estado da aplicação tem que ser continuamente reflectido na apresentação, o que implica a necessidade de se ter um *retorno semântico contínuo* [Hudson 87] [Gomes 91].

Torna-se no entanto importante observar que soluções para este problema da concepção e desenvolvimento *em contexto*, a única forma passível de obtenção de resultados aceitáveis, podem ser encontradas sem que para tal seja obrigatório possuir uma camada computacional completamente desenvolvida, ideia extremamente atractiva na prática e que nesta tese se explora e propõe.

De facto, é hoje em dia possível, quer se utilizem métodos formais ou não, sintetizar rapidamente a informação semântica fundamental de uma aplicação e, a partir desta, construir modelos executáveis (*protótipos*) da aplicação. A técnica de *prototipagem rápida*⁸ é, também em Engenharia da Programação, uma técnica hoje em dia reconhecida e largamente aplicada [Hartson e Smith 87]. A construção de protótipos a partir de especificações formais é, ainda que mais sistematizadora e rigorosa, muito menos utilizada. Será no nosso caso o método sugerido para uma rápida síntese da informação fundamental da aplicação (*o contexto*) de forma a possibilitar a prototipagem completa da IU, ou seja, quer da sua apresentação quer do seu comportamento.

Torna-se assim viável, como se pode verificar pela tecnologia actualmente ao dispor, realizar a prototipagem da Interface com o Utilizador no contexto semântico correcto e completo da aplicação, sendo esta representada igualmente sob a forma de um protótipo. Deste modo, não só é possível iterar no sentido do estabelecimento do *look* final, como também ter em consideração o *feel*, dado que a informação relevante para tal reside já no protótipo da aplicação.

Esta viabilidade conceptual e tecnológica parece ter como obstáculo principal à sua real adopção e generalização a falta de apoio metodológico [Bass et al. 92a]. É pois natural que, existindo tal complexidade e falta de métodos específicos na área da interacção, se procurem utilizar métodos que em Ciências da Computação foram desenvolvidos com o objectivo de tratar a complexidade genérica dos sistemas “software”. Sendo a IU, apesar de tudo, uma componente “software”, parece legítimo que se procurem estender os métodos formais de concepção do “software” computacional ao “software” interactivo, em particular usando métodos que favoreçam a concepção iterativa e a prototipagem rápida. São de pesquisar ligações metodológicas que possibilitem a sistematização do processo, tal como o defendido por diversos autores [Hartson e Hix 87] [Sutcliffe 89], chegando outros a sugerir até que tais métodos sejam formais e resultantes de extensões a métodos já existentes e utilizados para a especificação da camada computacional, visando facilitar a integração de descrições [Marshall 86] [Alexander 87].

1.2.- Objectivos e Contributos.

A abordagem empregue no trabalho que se apresenta nesta tese procura aplicar conhecimentos desenvolvidos na área, aparentemente mais solidificada, das Ciências da Computação, à área de foco, IHC. Procura ainda ter desta não apenas uma perspectiva de Engenharia da Programação, mas também uma perspectiva mais abrangente que incorpore resultados das

⁸ neologismo derivado do inglês *rapid prototyping*.

área de Engenharia do Conhecimento e de Factores Humanos. No entanto, sendo esta uma tese em Ciências da Computação, é pois natural que a perspectiva metodológica fundamental se situe na componente de construção destes sistemas e não tanto na componente comportamental, mais votada ao estudo do utilizador.

Foram apresentados anteriormente nesta introdução alguns dos problemas existentes na área de IHC e referidas as respectivas fontes. Não se pretendendo nesta tese apresentar uma mítica resolução para todos eles, e tentando evitar que a mesma seja mais um "desgarrado" esforço em tal sentido, é importante clarificar desde já, em síntese, a abordagem que se vai seguir e o conjunto de contribuições propostas, diferindo uma mais detalhada discussão dos seus méritos para a fase da sua efectiva apresentação.

A figura 1.1 procura mostrar que, conforme se afirmou na secção anterior, embora possam encontrar-se algumas similaridades entre as práticas de concepção e desenvolvimento das componentes estritamente "software" das camadas interactiva e computacional de aplicações interactivas, a inexistência de uma metodologia⁹ que suporte a integração das concepções, é um obstáculo importante à obtenção de melhores concepções e, potencialmente, de melhores soluções finais. Com base nesta mesma figura apresentaremos as ideias fundamentais desta tese bem como o conjunto de contribuições propostas.

⁹ metodologia designando aqui um corpo de métodos, princípios e notações e não a Ciência do método.

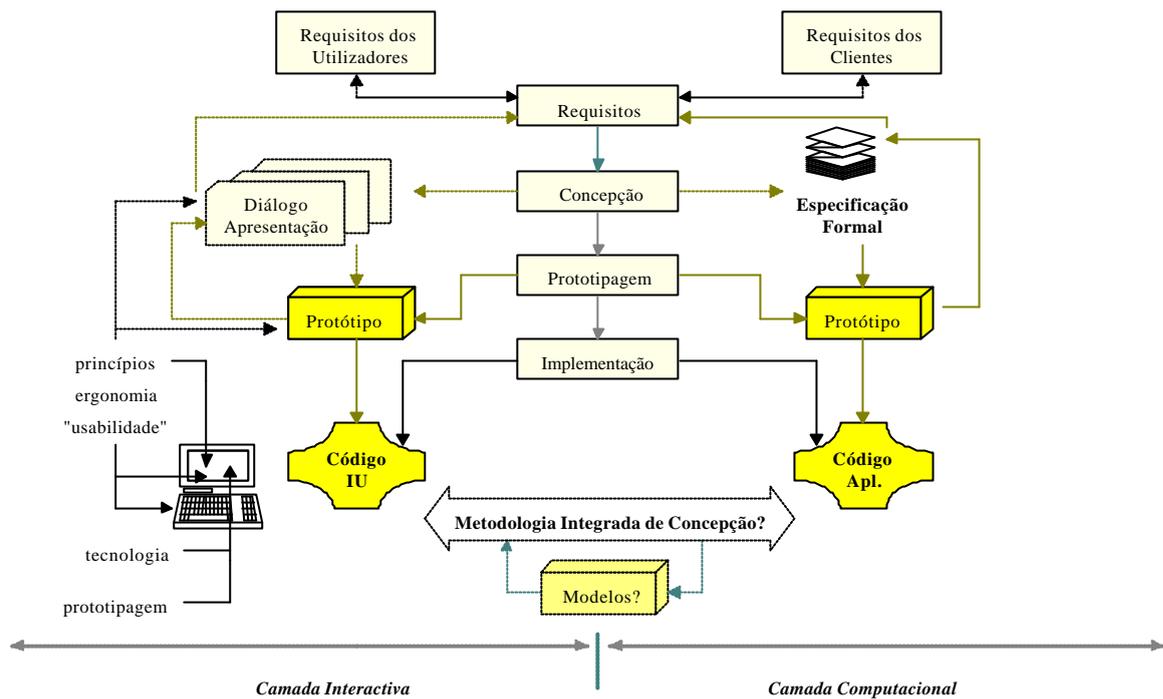


Fig. 1.1 - Esquema do Problema.

Antes de mais, e como premissa fundamental do trabalho que se apresenta, deve ter-se em consideração que o ponto de partida adoptado para a integração e sistematização de concepções e desenvolvimentos, consiste na obtenção de uma especificação formal da camada computacional, tal como esta pode ser obtida a partir das técnicas actualmente existentes em Ciências da Computação. Idealmente, o formalismo de especificação deverá ser executável possibilitando a criação de protótipos e facilitando uma concepção iterativa. O formalismo de especificação CAMILA/SETS [Almeida e Barbosa 91] [Oliveira 92], que se baseia na abordagem construtiva para especificações formais, ou seja, tendo por base a noção de estado modelado por modelos matemáticos, e que permite até a construção de protótipos, é o formalismo subjacente a esta tese.

A especificação formal da camada computacional realizada neste formalismo não só permite a construção imediata de um protótipo, como permite a realização de provas rigorosas sobre a obediência aos requisitos, fornecendo informação crucial sobre o modelo semântico da aplicação. Esta informação semântica pode, num sistema de desenvolvimento integrado ajustado, ser de imediato utilizada no desenvolvimento de um protótipo da IU, facilitando assim a concepção e o desenvolvimento iterativo desta, segundo os princípios de ergonomia e facilidade de utilização e os requisitos dos utilizadores a considerar.

Coerente com esta abordagem, o Sistema de Desenvolvimento de IU que se vai propor, o GAMA, permitirá a construção automática deste protótipo da IU, a partir da especificação formal do respectivo controlador do fluxo do diálogo. Para este efeito será desenvolvido um formalismo dedicado, que se designará por *Guiões de Interação*.

Construídas tais especificações e protótipos, a IU e a camada computacional poderão prosseguir os seus desenvolvimentos de forma separada segundo métodos próprios, garantindo o método proposto e os mecanismos implementados facilidade de integração dos seus desenvolvimentos.

Contributos.

É objectivo desta tese prestar as seguintes contribuições na área do desenvolvimento metodológico e integrado de Sistemas Interactivos:

- ? *Integração das concepções e dos desenvolvimentos da camada interactiva na concepção e desenvolvimento da camada computacional, tendo por elemento básico de integração e coerência a especificação, usando métodos formais, da camada computacional;*
- ? *Apresentação de um modelo simbólico de interação (a designar por "arquetipos de interação") com suporte semântico algébrico e equivalência gramatical, suficientemente genérico para poder ser aplicado em diversos contextos, e promovendo uma interação segundo o paradigma da edição-construção orientada pela estrutura sintáctica;*
- ? *Apresentação e implementação de um modelo de interação, o Modo Assistido Sintáctico-Semântico (MASS), que possibilite a construção de IU de tipo "profiláctico" e não "terapêutico", ou seja, que visam a filtragem de erros sintácticos e semânticos, eliminando, em consequência, o conhecido peso da recuperação destes. O MASS deverá ainda permitir que, em conformidade com a restante metodologia, a camada computacional possa ser considerada total, ou seja, constituída por funções que, quando invocadas conforme as regras propostas pela metodologia, produzem sempre resultados correctos e válidos. Este modelo de interação deverá ainda ir de encontro à necessidade de diminuição da distância articulatória que se discutirá no capítulo seguinte;*
- ? *Apresentação de um formalismo, os Guiões de Interação, de especificação de controladores de diálogo em modo balanceado, que possibilite a especificação do diálogo a um nível mais alto que o usual nível de eventos, e que tome em consideração a interação, sempre necessária mas raramente considerada, para síntese de valores-argumentos de comandos, formalismo que permite ainda a especificação de diálogos sequenciais e os tipos mais comuns de diálogos concorrentes;*

- ? *Apresentação de um método sistemático e rigoroso para a construção da especificação do comportamento da IU usando Guiões de Interação, a partir da informação inferida a partir da especificação formal por modelos da camada computacional; parte da descrição da apresentação da IU é também sistematicamente especificada.*
- ? *Concepção e apresentação de um sistema de desenvolvimento de IU baseada nas propostas anteriores, o sistema GAMA, um Sistema de Geração Semi-Automática de IU baseadas no modelo de interação apresentado, o Modo Assistido Sintáctico-Semântico (MASS).*
- ? *Concepção e apresentação do sistema GAIA, incorporável no sistema GAMA, que possibilite a criação de IU que apresentam comportamento adaptativo, isto é, dinamicamente configurável, sistema que, por si só, deve poder ser-vir de "ferramenta" de análise de concepções de IU.*

1.3.- Estrutura e Apresentação da Tese.

A presente tese está estruturada em duas partes principais precedidas deste capítulo de *Introdução* e seguidas de um conjunto de *Apêndices*.

A PARTE I da tese, designada e dedicada aos FUNDAMENTOS, é constituída pe-los Capítulos 2, 3 e 4, e destina-se a apresentar conceitos e desenvolvimentos fundamentais nas áreas disciplinares que constituem o enquadramento científico da tese. O Capítulo 2 introduz, assim, um conjunto de conceitos, definições e modelos específicos da área de IHC. O Capítulo 3 apresenta uma síntese da evolução das Ciências da Computação e da Engenharia da Programação, em particular no que diz respeito à generalizada utilização de métodos formais na concepção e desenvolvimento de aplicações. Os diferentes métodos formais de especificação abordados na tese, bem como outros formalismos semânticos, são neste capítulo apresentados. O Capítulo 4 desta primeira parte procura sintetizar as diversas contribuições conhecidas para a aplicação de formalismos oriundos das Ciências da Computação à área de IHC. O objectivo global desta PARTE I da tese é, por um lado, definir e tornar claros os múltiplos conceitos empregues na tese e com origem em cada uma das áreas, bem como, de forma sintética, apresentar o "estado da arte" em IHC e em Ciências da Computação. São assim apresentados os principais componentes necessários aos desenvolvimentos, designadamente, notações, "ferramentas", técnicas, modelos e métodos.

A PARTE II da tese, designada CONTRIBUTOS, é constituída pelos Capítulos 5 a 10 e destina-se a apresentar, por uma ordem directamente relacionada com o próprio processo de desenvolvimento e maturação das ideias, as contribuições da tese.

No Capítulo 5 é introduzido e formalizado o conceito de *arquétipo*, conceito fundamental ao modelo de interacção posteriormente proposto e

implementado. Arquétipos são neste capítulo apresentados como unidades de representação simbólica, sob a forma de *termos de uma álgebra*, do processo de construção de objectos gráficos ou outros. A viabilidade e o potencial de se construírem sistemas interactivos, gráficos ou não, baseados no modelo da interacção dirigida pela estrutura usando arquétipos, é também discutida. A abordagem proposta é apoiada pela especificação e construção de um protótipo funcional de um pequeno sistema gráfico, o AGSYS, especificado no APÊNDICE C.

No Capítulo 6 apresentam-se as ideias fundamentais em que se baseia o modelo de interacção proposto, designado *Modo Assistido Sintáctico-Semântico de Interacção (MASS)*, que para além do auxílio sintáctico ao utilizador, tendo por base interacção por navegação estrutural, acrescenta apoio semântico de importância fundamental. As características principais do modelo MASS são neste capítulo completamente especificadas. Neste capítulo são igualmente apresentados os *Guiões de Interacção*, o formalismo desenvolvido para a descrição formal de controladores de diálogo segundo o modelo de interacção MASS.

No Capítulo 7 apresenta-se um método sistemático e rigoroso para o desenvolvimento de Sistemas Interactivos, tendo por ponto de partida a especificação formal da camada computacional. Contrariamente à maioria das aplicações de métodos formais em IHC, o método proposto baseia-se na constatação simples de que muita da informação resultante da especificação formal por modelos da aplicação, pode ser usada de forma imediata na prototipagem e concepção iterativa da IU.

No Capítulo 8 apresenta-se o GAMA, um Sistema de Desenvolvimento de IU (SDIU) implementado como sistema de suporte ao método e aos modelos desenvolvidos, discutindo-se a sua arquitectura interna e a sua funcionalidade geral. Enquanto sistema para a geração automática de IU oferecendo assistência sintáctico-semântica, o sistema é comparado com outros sistemas relacionados ou semelhantes.

No Capítulo 9 é apresentado o GAIA, sistema construído para a geração automática de IU adaptativas, baseado num modelo de adaptatividade sobre a história de interacção de cada utilizador. A sua arquitectura heterogénea, baseada num módulo de inferência e num módulo de apresentação, o protocolo estabelecido entre ambos e o algoritmo de adaptatividade são apresentados. A possibilidade da sua integração no sistema GAMA é discutida, bem como as suas capacidades como "ferramenta" de análise que pode ser utilizada junto dos utilizadores, permitindo iteração no sentido da construção de uma IU definitiva, ajustada de modo individual, ou mesmo organizacional.

No Capítulo 10 apresentam-se conclusões relativas ao trabalho realizado e contribuições dadas, analisam-se insuficiências e vantagens, e enunciam-se perspectivas de trabalho futuro.

Os APÊNDICES destinam-se a complementar a tese com informação que não teria sentido colocar no corpo da mesma, designadamente, a apresentação da notação CAMILA no APÊNDICE A, a apresentação da notação algébrica realizada no APÊNDICE B e a especificação completa do sistema gráfico AGSYS apresentada no APÊNDICE C.