

## 4 Critérios de Avaliação

Segundo Bastien (1993), a definição de critérios de usabilidade é parte de um projeto mais amplo, que aponta para o desenvolvimento de métodos e técnicas que podem agregar considerações de ergonomia dentro do processo de *design* e avaliação da interface homem-computador.

Enquanto outras partes de pesquisa trabalham relacionadas a questões de tarefas como questões de *expertise*, questões de modelo de interface, etc o *design* de critérios é visto como um significado de definição e operacionalização de dimensões de usabilidade. Com respeito à avaliação, o *design* de critérios representa um caminho de melhoria da finalização e exposição da diagnose de padronização do formato e melhor documentação da avaliação (BASTIEN, 1993, p.7).

Na seqüência desse capítulo são apresentados os critérios ergonômicos de Bastien (1993), as heurísticas de Nielsen (1993) e, por fim, os critérios ergonômicos de Luzzardi (2003).

### 4.1 Critérios de Bastien

Dominique Scapin realizou, em 1990, um estudo visando a organização dos conhecimentos sobre ergonomia de interfaces homem-computador, de modo a disponibilizá-los facilmente à especialistas e não especialistas na disciplina. O sistema de critérios por ele definido (BASTIEN, 1993) tem por propósito facilitar a recuperação de conhecimento ergonômico. Esse conjunto de critérios (tab. 4) é permanentemente validado e apurado em suas definições através de experimentos variados. A lista atual de critérios<sup>1</sup> é composta por oito critérios principais, sendo que alguns deles se dividem em sub-critérios, os quais ainda se dividem em critérios elementares (LABIUTIL, 2006). Todos os critérios, principais e elementares, são apresentados a seguir com a sua respectiva descrição.

---

<sup>1</sup>Definida em 1993 por Dominique Scapin e Christian Bastien.

Tabela 4 - Critérios ergonômicos de Bastien (1993).

Critérios	Sub-critérios
Condução	? Presteza ? Agrupamento/distinção de itens ? Resposta imediata ? Legibilidade
Carga de trabalho	? Brevidade ? Densidade informacional
Controle explícito	? Ações explícitas do usuário ? Controle do usuário
Adaptabilidade	? Flexibilidade ? Consideração da experiência do usuário
Gestão de erros	? Proteção contra os erros ? Qualidade das mensagens de erro ? Correção dos erros
Coerência	
Significado dos códigos	
Compatibilidade	

#### 4.1.1 Condução

Um sistema ergonômico orienta e conduz o usuário durante o seu diálogo interativo com o computador através de rótulos e mensagens, por exemplo, o que promove:

- ? localização do usuário, permitindo que o mesmo sempre saiba em que ponto da interação se encontra;
- ? conhecimento das ações que são permitidas e suas respectivas implicações;
- ? acesso à informações complementares por meio de requisições do usuário, caso sejam necessárias.

Um *software* ergonômico, que execute satisfatoriamente todas as requisições do usuário, viabiliza um fácil manuseio da aplicação e rápido

aprendizado do seu funcionamento, o que implica incremento no seu desempenho e decremento no número de erros na operação do sistema. Esta qualidade ergonômica é mensurada em duas dimensões: presteza e resposta imediata, conforme a descrição que segue.

#### **4.1.1.1 Presteza**

Refere-se as informações que ajudam o usuário na identificação do estado em que se encontra na interação, assim como as ferramentas de auxílio e seus modos de acesso. Incluem-se nesse grupo de ferramentas todos os dispositivos que mostram ao usuário as ações alternativas possíveis dentro do seu contexto atual.

Uma interação prestativa descarta o aprendizado de uma série de comandos, conduzindo o usuário à uma boa navegação na aplicação e evitando a execução de vários erros.

#### **4.1.1.2 Agrupamento/distinção de itens**

Diz respeito à estruturação visual dos itens de informação, de acordo com sua topologia (posição) e atributos gráficos (formato). O agrupamento (ou distinção) de itens na interface indica ao usuário se os mesmos pertencem ou não à uma mesma classe, apontando também as diferenças entre as classes.

Os usuários perceberão os vários itens de informação e assimilarão melhor as suas relações caso haja uma organização lógica em sua apresentação, tal como frequência de uso, ordem alfabética, etc., sendo conveniente também a apresentação desses itens conforme uma codificação que explicita as similaridades e diferenças entre os objetos em questão. Esse critério é fracionado em dois critérios elementares: agrupamento/distinção por localização e agrupamento/distinção por formato.

##### **4.1.1.2.1 Agrupamento/distinção por localização**

Esse critério concerne à posição relativa dos itens definida de maneira a indicar se os mesmos pertencem a classes diferentes de informação ou não, bem

como apontar as diferenças existentes entre as classes de informação.

#### **4.1.1.2.2 Agrupamento/distinção por formato**

Tal critério ergonômico relaciona-se com os atributos gráficos (cor, formato, etc.) que apontam se itens de informação pertencem ou não à uma mesma classe ou apontam ainda as diferenças entre itens de uma mesma classe de informação. O relacionamento entre os itens da informação torna-se mais fácil de aprender e lembrar quando uma interface obedece esse critério.

#### **4.1.1.3 Resposta imediata**

Essa qualidade ergonômica trata das respostas que o sistema interativo provê às ações do usuário. Uma resposta rápida precisa ser fornecida ao usuário contendo informações sobre a solicitação e o respectivo resultado de sua execução.

O usuário passa a compreender melhor o funcionamento do sistema quando o mesmo fornece respostas confiáveis e rápidas, o que aumenta o grau de satisfação com o mesmo.

#### **4.1.1.4 Legibilidade**

Essa qualidade ergonômica refere-se às características léxicas das informações exibidas na interface do sistema, de maneira a facilitar o seu entendimento, tal como o tamanho da fonte, o espaçamento entre as linhas, o brilho do *character*, etc.

A apresentação dos dados deve respeitar as características perceptivas e cognitivas do usuário, pois uma legibilidade adequada proporciona uma melhor compreensão da informação apresentada. Por definição, o critério legibilidade não corresponde à resposta imediata ou às mensagens de erro.

### **4.1.2 Carga de trabalho**

Esse critério é capaz de definir um *software* econômico, pois trata dos elementos da interface que reduzem as cargas perceptiva e cognitiva do usuário, aumentando a eficiência do diálogo interativo. A probabilidade do usuário cometer erros é diretamente proporcional à carga de trabalho cognitivo requerido pelo sistema, destacando-se também o fato de que quanto menos ações desnecessárias forem requeridas ao usuário, mais rapidamente ele atingirá os seus objetivos. Esse critério subdivide-se em brevidade e densidade informacional.

#### **4.1.2.1 Brevidade**

Um sistema breve condiz com a limitação da carga de trabalho de leitura, das entradas do sistema e do número de passos no diálogo interativo. Pelo fato da memória humana de curto termo ser restrita, quanto menos solicitações forem feitas ao usuário menor será a probabilidade dele cometer erros, assim como cresce a probabilidade do usuário cometer erros conforme cresce a subjetividade e extensão dos itens. Essa qualidade ergonômica avalia-se em duas dimensões: concisão e ações mínimas, conforme seguem.

##### **4.1.2.1.1 Concisão**

Refere-se à carga cognitiva e perceptiva das entradas e saídas individuais do sistema. Quanto mais sucintos forem os textos apresentados, menor será o tempo que o usuário despenderá com leitura.

Por definição, concisão não se refere a resposta imediata nem mensagens de erro.

##### **4.1.2.1.2 Ações mínimas**

É necessário minimizar o número de ações requeridas para a conclusão de uma tarefa do usuário, visto que quanto mais complexas e numerosas essas forem, maior será a probabilidade do usuário cometer erros.

#### **4.1.2.2 Densidade informacional**

Essa qualidade refere-se a carga de trabalho do usuário, nas dimensões perceptiva e cognitiva, em função do conjunto global de itens de informação exibidos ao usuário e não de cada objeto individualmente. O desempenho dos usuários decresce substancialmente quando esses são submetidos a interfaces onde há alta ou baixa densidade informacional, aumentando a probabilidade de erros serem cometidos. Jamais submeta o usuário a atividades cognitivas complexas quando a tarefa em questão originalmente não requerer, pois o computador deve ser um elemento facilitador e não o contrário.

#### **4.1.3 Controle explícito**

É fortemente recomendável que o usuário controle o processamento do sistema, pois nessas circunstâncias os erros e as ambigüidades são limitadas, promovendo ainda uma melhor aceitação do sistema por parte do usuário. Essa qualidade ergonômica divide-se em dois critérios elementares: ações explícitas do usuário e controle do usuário.

##### **4.1.3.1 Ações explícitas do usuário**

Esse critério preconiza que o sistema computacional deve processar somente as ações requeridas pelo usuário e no momento em que ocorre a solicitação, pois isso favorece que o usuário entenda melhor o funcionamento do sistema, minimizando os erros futuros.

##### **4.1.3.2 Controle do usuário**

O controle do usuário sobre o processamento do sistema facilita a sua aprendizagem, diminuindo a incidência de erros e incrementando a previsibilidade do sistema. As ações permitidas ao usuário (cancelar, suspender, continuar, etc.) devem ser clara e apropriadamente disponibilizadas na interface do sistema.

#### **4.1.4 Adaptabilidade**

Corresponde a possibilidade do sistema ajustar-se as circunstâncias do contexto, de acordo com as preferências do usuário. Uma interface não pode servir concomitantemente à todos os possíveis usuários, entretanto ela precisa ser flexível ao ponto de oferecer as ferramentas mais adequadas às suas necessidades. Um sistema cuja interface obedeça a comandos de voz, por exemplo, poderia auxiliar os portadores de deficiência visual severa. Esse critério subdivide-se em flexibilidade e consideração da experiência do usuário, conforme seguem as respectivas descrições.

##### **4.1.4.1 Flexibilidade**

Refere-se a possibilidade ou não do usuário personalizar a interface do sistema, modelando-a de acordo com os seus hábitos de trabalho e suas necessidades. Quanto maior for o número de formas diferentes possíveis do usuário executar uma mesma tarefa, maior será a probabilidade de uma delas estar ajustada ao seu gosto, proporcionando uma maior familiarização com a aplicação.

##### **4.1.4.2 Consideração da experiência do usuário**

Refere-se aos dispositivos oferecidos ao usuário que ajustam o sistema com o seu grau de experiência. Há usuários novatos e usuários experientes, assim como ocorre eventualmente de um usuário experiente voltar a ser novato no contexto do sistema por causa de um longo período de inatividade, por exemplo. Aos novatos o sistema deve oferecer um diálogo passo a passo, contudo aos experientes deve ser possível o uso de teclas de atalho que poupem o seu tempo.

#### **4.1.5 Gestão de erros**

Essa qualidade ergonômica orienta que o sistema deve evitar a incidência de erros ou ao menos favorecer a sua correção quando necessário. Nesse escopo um erro é definido como uma entrada de dados incorretos, uma sintaxe de comando

errada, etc. Geralmente o desempenho do usuário é prejudicado quando ocorre um erro, o que justifica a forte necessidade da sua prevenção.

#### **4.1.5.1 Proteção contra os erros**

Essa qualidade ergonômica trata dos mecanismos utilizados pelo sistema com o objetivo de prevenir e detectar os erros do usuário, tais como as entradas de dados incorretos ou eventuais comandos cujo efeito seja irreversível. Evitam-se prejuízos no planejamento das tarefas do usuário quando os seus erros são precocemente detectados.

#### **4.1.5.2 Qualidade das mensagens de erro**

Esse critério refere-se a exatidão da informação fornecida ao usuário sobre o erro cometido e a sua legibilidade, determinando que um sistema ergonômico precisa ser claro ao informar a natureza do erro cometido apontando as possíveis ações corretivas para os mesmos. A boa qualidade das mensagens de erro permite um aprendizado mais rápido do sistema, ajudando o usuário a detectar as suas falhas e a preveni-las futuramente.

#### **4.1.5.3 Correção dos erros**

Esse critério trata dos meios disponibilizados ao usuário com o propósito de proceder a correção dos erros cometidos, visto que quando esses são facilmente consertados ocorre uma minimização no efeito negativo que possam vir a causar no funcionamento do sistema.

#### **4.1.6 Coerência**

Essa qualidade ergonômica avalia a forma como a interface do sistema foi concebida, ou seja, se as denominações e procedimentos mantêm-se estáveis e coerentes de um contexto do sistema para outro. A aplicação torna-se mais previsível para o usuário quando os procedimentos e comandos têm seu *design*



(leia-se aqui formato, sintaxe, localização, etc.) inalterado entre as várias telas da interface, além de haver uma diminuição na ocorrência de erros. É aconselhável padronizar os objetos da interface sempre que possível, pois a falta de coerência entre os mesmos dificulta a aceitação do sistema.

#### **4.1.7 Significado dos códigos**

Esse critério preocupa-se com a adequada correspondência semântica entre a informação e o seu objeto correspondente na interface do sistema. A condução do usuário depende de denominações claras e significativas, evitando-se ao máximo a seleção de uma opção errada.

Uma codificação adequada facilita a recordação e o reconhecimento das funções do sistema, além de evitar que o usuário cometa erros.

#### **4.1.8 Compatibilidade**

A qualidade ergonômica compatibilidade trata da adequação do diálogo interativo (entradas e saídas de dados, etc.) às especificidades do usuário, levando em conta aspectos como idade, memória, habilidades, dentre outros.

O desempenho do usuário é incrementado quando o sistema exhibe a informação formatada apropriadamente, ou seja, sem a exigência de um grande trabalho cognitivo e perceptivo que incidem em re-trabalho e desperdício de tempo.

Esse critério preconiza, também, que os procedimentos sejam organizados respeitando os hábitos do usuário, que seja atenuada a necessidade de interpretações e traduções de documentos e que os passos necessários ao integral cumprimento das tarefas do usuário sejam ajustados às características psicológicas do mesmo.

Quanto menor for o volume de informação que requer do usuário codificação para o entendimento, mais eficaz e rápida será a transferência de informação de um contexto do sistema à outro.

## 4.2 Heurísticas de Nielsen

Jakob Nielsen, em colaboração com Rolf Molich, apresentou em 1990 a sua lista de 10 heurísticas de usabilidade (JAKOB, 2006). Os seus princípios gerais para o projeto de interface com o usuário são assim descritos:

- ? visibilidade do estado do sistema - o sistema deve manter sempre o usuário informado sobre o que está acontecendo, através de respostas apropriadas em tempo razoável;
- ? correspondência entre o sistema e o mundo real - o sistema deve falar a língua do usuário, com palavras, frases e conceitos familiares ao usuário, em vez de termos orientados ao sistema. Siga convenções do mundo real, fazendo a informação aparecer numa ordem natural e lógica;
- ? controle do usuário e liberdade - usuários geralmente escolhem funções do sistema por engano e precisam de uma saída de emergência claramente indicada para abandonar o estado indesejado sem precisar passar por um diálogo extenso. Disponibilize as funções desfazer e refazer;
- ? consistência e padrões - usuários não devem precisar imaginar se diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa. Siga convenções de plataforma;
- ? prevenção de erros - melhor que boas mensagens de erro é um projeto cuidadoso que previna a ocorrência de um problema. Elimine prováveis condições de erro ou as detecte e apresente aos usuários uma opção de confirmação antes deles efetivarem a ação;
- ? reconhecimento em vez de lembrança - minimize a carga de memória do usuário tornando os objetos, ações e opções visíveis. O usuário não deve precisar lembrar de informação de uma parte do diálogo para outra. Instruções de uso do sistema devem ser visíveis ou facilmente recuperáveis sempre que apropriado;
- ? flexibilidade e uso eficiente - aceleradores (atalhos) - ocultos aos usuários novos - geralmente aceleram a interação para os usuários experientes, dessa forma o sistema serve aos usuários experientes e

inexperientes. Permite aos usuários executar ações freqüentes.

- ? estética e projeto minimalista - Diálogos não devem conter informação irrelevante ou raramente necessária. Cada unidade extra de informação no diálogo compete com as unidades relevantes de informação e diminui a sua visibilidade relativa;
- ? ajude usuários a reconhecer, diagnosticar e recuperar-se de erros - mensagens de erro devem ser expressas em texto corrente (sem códigos), indicar precisamente o problema e sugerir construtivamente uma solução;
- ? ajuda e documentação - mesmo sendo melhor se o sistema puder ser usado sem documentação, pode ser necessário prover ajuda e documentação. Qualquer informação deve ser fácil de procurar e focada na tarefa do usuário. Liste os passos concretos que devem ser dados e não se estenda.

### **4.3 Critérios de Luzzardi**

Os critérios de Luzzardi (2003), diferentemente dos dois conjuntos de critérios vistos anteriormente, foram propostos para serem utilizados em técnicas de visualização de informações hierárquicas e organizam-se em duas classes: uma destinada à avaliação das características estáticas da técnica (representação visual base da técnica) e outra dirigida à avaliação das operações fornecidas por ela, ou seja, os mecanismos interativos. Esse conjunto de critérios não contempla aspectos da interface gráfica da técnica, sendo sugerida pelo autor a aplicação do ErgoList (LABIUTIL, 2006) para a avaliação da usabilidade nessa dimensão.

#### **4.3.1 Critérios de avaliação para a representação visual**

Os critérios propostos para a avaliação de representações de informações hierárquicas (Fig. 23) dividem-se em cinco classes:

- ? limitações;
- ? complexidade cognitiva;
- ? organização espacial;
- ? codificação de atributos;

? transição entre estados.

Os critérios avaliam as características estáticas de um dado contexto da representação visual, com exceção da última classe. As características da transição entre dois estados, como consequência da aplicação de uma operação, são verificadas de acordo com os critérios contidos na classe "transição entre estados".

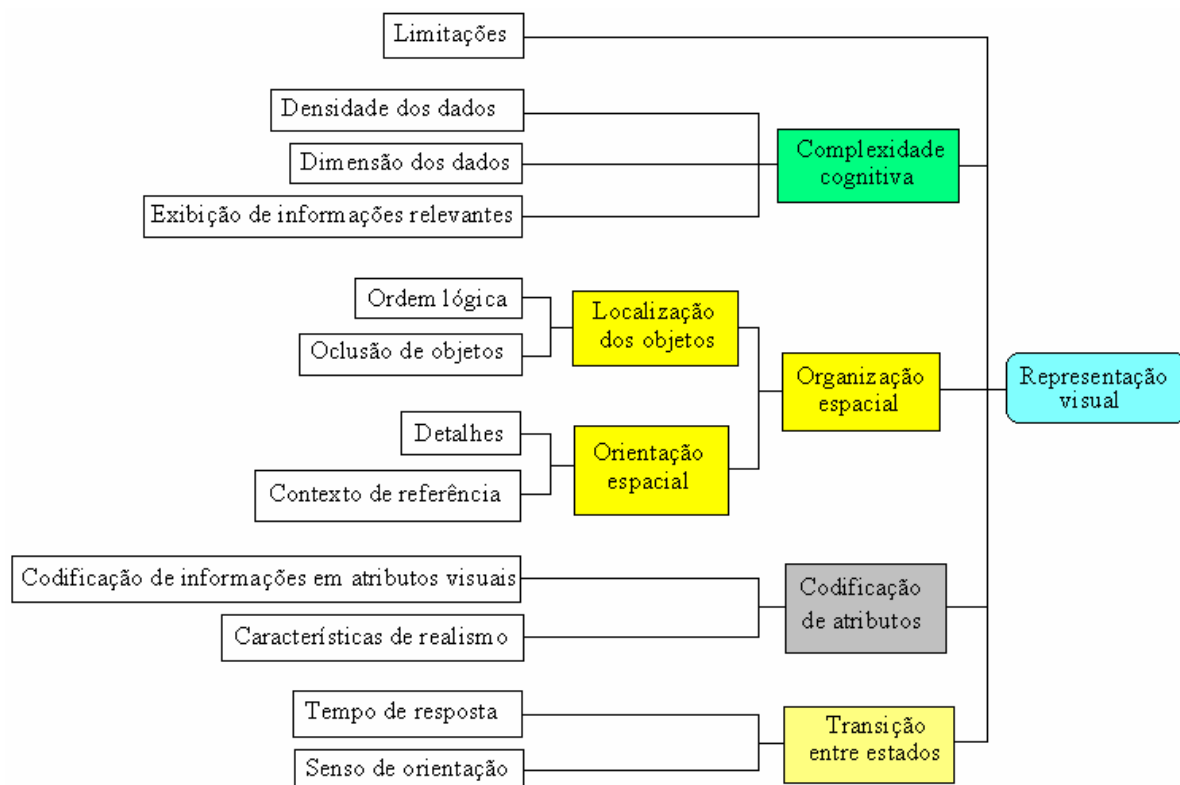


Figura 23 - Critérios de avaliação para representação visual.  
Fonte: LUZZARDI, 2003, p.92.

#### 4.3.1.1 Limitações

Algumas técnicas de visualização de informações exibem o conjunto completo de informações numa única representação visual. Contudo, a representação da totalidade desse conjunto não ocorre adequadamente em função do grande volume de informações, da oclusão total ou parcial de objetos, da desordem visual e do reduzido espaço disponível na tela. Em alguns casos é aplicada a restrição geométrica que limita a densidade dos dados exibidos, o que facilita o entendimento do usuário por causa da redução do volume de informações. Em compensação, havendo muitas limitações corre-se o risco de que informações

relevantes sejam omitidas do usuário, prejudicando assim a interpretação dos dados.

Pelo exposto, várias técnicas de visualização implementam algum tipo de limitação. O critério limitações congrega como sub-critérios: quantidade de diferentes tipos de informações, número máximo de elementos de informação, número de níveis da hierarquia e número máximo de janelas auxiliares, que são descritos a seguir.

Há técnicas que restringem as formas de codificação dos elementos de informação. Se a quantidade de diferentes tipos de informação representada é grande e não existe ambigüidade entre os mesmos, mais facilmente o usuário compreende a exibição.

Outra forma útil de evitar a representação da totalidade do conjunto de informações é através da limitação do número máximo de elementos de informação mostrados, por exemplo delimitando o grau máximo da árvore ou a profundidade da mesma.

É possível evitar a sobrecarga na representação visual transferindo informações menos relevantes da visualização principal para janelas auxiliares, que podem ser exibidas sob a demanda do usuário.

#### **4.3.1.2 Complexidade cognitiva**

A redução da complexidade cognitiva nas representações visuais é um tema chave na visualização de informações, pois proporciona uma melhor compreensão das estruturas de informação com o uso de representações visuais efetivas. Com o propósito de amenizar a complexidade cognitiva das representações devem ser empregadas metáforas visuais apropriadas para cada tipo de informação, as quais sejam adequadas ao sistema visual humano. Esse critério divide-se nos sub-critérios densidade de dados, dimensão dos dados e exibição de informações relevantes.

#### **Densidade dos dados**

Tufte (1983 apud LUZZARDI, 2003) criou uma métrica para o cálculo da densidade dos dados. Ela foi aplicada na avaliação da visualização de informações tridimensionais por Brath (1997 apud LUZZARDI, 2003). A métrica de Tufte para

obtenção da densidade dos dados é definida pela divisão do número de entradas em uma matriz pela área do gráfico que os exibe. Brath utilizou essa métrica para obter a densidade dos dados, dividindo o número de pontos de dados pelo número de *pixels* na exibição.

No escopo das informações hierárquicas a densidade dos dados está em função do número de diferentes elementos de informação mostrados no mesmo instante. Quanto maior for essa quantidade maior será a densidade dos dados. Caso a densidade dos dados seja excessivamente grande poderá haver uma sobrecarga de elementos de informação numa dada região provocando aumento na complexidade cognitiva.

### **Dimensão dos dados**

As representações visuais de dados multivariados mostram um grande número de dimensões, visto que tais técnicas tem por objetivo exatamente a exibição sucinta dos valores das várias dimensões ou atributos. Entretanto, o alto número de dimensões exibidas implica incremento da complexidade cognitiva.

No caso específico das informações hierárquicas a dimensão dos dados equivale ao número de níveis da hierarquia. Nessas técnicas mesmo um pequeno número de dimensões pode provocar uma interpretação errônea dos relacionamentos entre os elementos. Pelo exposto, na avaliação de uma técnica dessa natureza é preciso mensurar se a quantidade de níveis exibidos concomitantemente interfere na complexidade das exibições e se a técnica permite o controle do número de níveis apresentados.

### **Exibição de informações relevantes**

Devido ao fato do volume de dados numa representação visual ser potencialmente grande torna-se necessário exibir apenas as informações que têm um significado importante. É preciso conferir se existem formas alternativas para representar elementos de informação relevantes, à exemplo de texturas e marcações que destacam o nodo raiz de uma árvore de diretórios.

#### 4.3.1.3 Organização espacial

Esse critério relaciona-se com a diagramação do *layout* da representação visual das informações. Geralmente o processo de geração de um *layout* eficiente é personalizado, pois é preciso ajustar a oclusão de objetos e encontrar maneiras alternativas de posicionar os elementos. Uma organização espacial inadequada provoca, dentre outros problemas, uma desordem visual que dificulta o entendimento dos elementos exibidos. Para verificar se a organização espacial de uma representação visual é eficiente é necessário saber se a técnica facilita a localização de objetos através de recursos auxiliares para orientação do usuário.

#### Localização dos objetos

Durante a localização dos objetos pode ser difícil distinguir um dado objeto de um conjunto deles. Isso pode ser devido a falta de organização do *layout*, oclusão de objetos, grande volume de informações na exibição, falta de agrupamentos ou ineficiência da codificação de informações. Duas dimensões envolvidas com a localização de objetos são a ordem lógica e a oclusão de objetos.

#### Ordem lógica

A ordem lógica numa representação visual pode ser analisada pela averiguação da desordem visual, ambigüidade na representação visual e distribuição dos elementos no *layout*.

Na verificação da desordem visual procura-se alguma situação na qual o objeto de interesse tenha sua posição alterada expressivamente após uma atualização do *layout*, o que desorienta o usuário.

Luzzardi (2003) sugere também verificar se existe ambigüidade na representação visual, como por exemplo o uso de uma mesma cor para a representação de nodos que pertencem a diferentes classes.

Quando a técnica gera o *layout* podem ocorrer tanto zonas densas quanto zonas rarefeitas. Em ambos os casos a tarefa de localização dos objetos é fortemente prejudicada. Essa questão está intimamente ligada ao critério de

avaliação densidade dos dados, visto que tais zonas indicam alterações na densidade informacional da representação visual.

### **Oclusão de objetos**

Ocorre oclusão de objetos quando objetos são sobrepostos, geralmente por causa do grande volume de dados. A oclusão pode ser completa ou parcial. A oclusão completa de objetos é negativa, visto que pode tornar inacessíveis informações relevantes ao usuário, que poderiam ajudá-lo na localização e orientação dentro do espaço de informação. A taxa de oclusão dos dados calcula-se pela divisão do número de elementos de informação completamente ocultos pelo número total de elementos de informação presentes na representação visual.

Pelo exposto, quanto menor for a taxa de oclusão citada mais facilmente o usuário poderá localizar os objetos.

### **Orientação espacial**

Luzzardi (2003) preconiza que uma técnica de visualização deve fornecer uma representação clara e precisa, permitindo ao usuário a manutenção do senso de localização dos objetos e a sua própria orientação espacial. Para avaliar o grau de orientação espacial, deve-se verificar se a técnica fornece visão de detalhes dos elementos e se preserva o contexto de referência.

### **Detalhes**

Por causa da complexidade e quantidade de informações mostradas numa representação visual os usuários demandam, usualmente, o acesso à dada informação detalhadamente. É recomendado que uma técnica tenha um mecanismo capaz de controlar o nível de detalhe da visualização, aumentando o detalhamento numa região de interesse em detrimento do restante.



## **Contexto de referência**

Uma maneira de minimizar a desorientação espacial é fornecer uma visão global do conjunto de informações por meio de uma representação visual distorcida do conjunto. Nesse caso, o contexto de referência é preservado por meio de vários procedimentos de compressão visual e técnicas de distorção.

Para fins de avaliação do contexto de referência mostrado é preciso analisar a legibilidade e visibilidade do mesmo, representação da localização do foco e destaque dos elementos de informação visitados.

A legibilidade refere-se às características léxicas das informações visualmente representadas, as quais podem dificultar ou facilitar o entendimento das informações.

De acordo com as observações de Luzzardi (2003), um grave defeito das técnicas de visualização é não representar a localização do foco atual no contexto de referência, o que interfere sobremaneira na localização dos elementos de informação. Pelo fato do usuário poder realizar uma série de operações sobre as representações é necessário que a técnica destaque os elementos de informação já visitados, visto que a adoção de tal política otimiza a procura de novas informações evitando a busca em elementos já vistoriados pelo usuário.

### **4.3.1.4 Codificação de atributos**

Geralmente, as informações são representadas nas técnicas através de objetos geométricos acrescidos de atributos visuais, que são as codificações dos atributos dos dados em análise. A interpretação dessas informações pode ser difícil caso a complexidade dessas codificações seja excessivamente alta. É basilar que a codificação dos atributos da informação utilize recursos visuais para facilitar a percepção do usuário, seja através da codificação das informações em atributos visuais seja pela utilização de características de realismo.

## **Codificação de informações em atributos visuais**

Pelo exposto acima com relação as consequências de uma codificação inadequada das informações ressalta-se a relevância de representar objetos e relacionamentos por meio de elementos geométricos apropriados e atributos visuais. Atributos visuais, sejam eles símbolos ou texturas, por exemplo, permitem uma maior clareza e eficiência da representação visual. Para avaliar a técnica nesse quesito, Luzzardi (2003) propõe estudar as formas utilizadas para codificar as informações, observando a adequação das mesmas aos sistemas perceptivo e cognitivo humanos.

No contexto das técnicas hierárquicas, por exemplo, o caminho percorrido pelo usuário deve ser destacado durante a navegação no espaço de informações, seja através do emprego de uma cor diferente do restante ou de alguma outra maneira.

## **Características de realismo**

A utilização de características de realismo na técnica de visualização propicia uma melhor percepção ao usuário, pois é decrementada a oclusão de objetos e minimizada a desordem visual. De acordo com Rekimoto (1993 apud LUZZARDI, 2003), a técnica *Information Cube* (capítulo 2, Fig. 15) exhibe as informações como cubos translúcidos encaixados uns nos outros, sendo o mais externo o representante do nodo raiz da hierarquia. Através do ajuste do nível de transparência dos objetos essa técnica minimiza o problema da oclusão dos mesmos, enquanto outras técnicas utilizam sombra e transparência para melhorar a percepção dos objetos por parte do usuário.

### **4.3.1.5 Transição entre estados**

A interação do usuário com a representação visual gera a transição entre estados, a partir da qual podem surgir problemas decorrentes da nova representação visual. A avaliação desse quesito implica a análise do tempo de resposta e da manutenção do senso de orientação do usuário no novo contexto.

## **Tempo de resposta**

Essa grandeza é mensurada geralmente pelo tempo de geração da nova representação. Deve-se optar pela implementação de algoritmos de exibição bastante eficientes para evitar um grande tempo de resposta, o que ocasiona no usuário a perda da atenção e a desorientação.

## **Senso de orientação**

Transições repentinas entre um estado e outro do *layout* provocam, invariavelmente, desorientação espacial no usuário. O uso de animação minimiza esse problema pois evita que o usuário perca o objeto de interesse da sua vista (e a própria orientação), bem como o emprego de alguma cor que defina um "objeto âncora" o qual viabilize a rápida recuperação da atenção do usuário.

### **4.3.2 Critérios de avaliação para os mecanismos de interação**

Segundo Luzzardi:

A usabilidade de uma técnica de visualização depende, então: (a) do provimento de um conjunto de operações para interação com as informações e (b) da implementação adequada e eficiente dessas operações, tanto do ponto de vista de interface gráfica como algorítmica, ou seja, do fornecimento de mecanismos interativos adequados às tarefas dos usuários (2003, p.109).

Luzzardi (2003) propôs 4 critérios para a avaliação dos mecanismos de interação, são eles:

- ? facilidade de uso (capacidade de aprendizado, facilidade de memorização);
- ? eficiência de uso;
- ? satisfação subjetiva do usuário;
- ? erros do usuário.

Os mecanismos de interação são geralmente classificados como operações sobre os dados e operações sobre as representações visuais (Fig. 24).

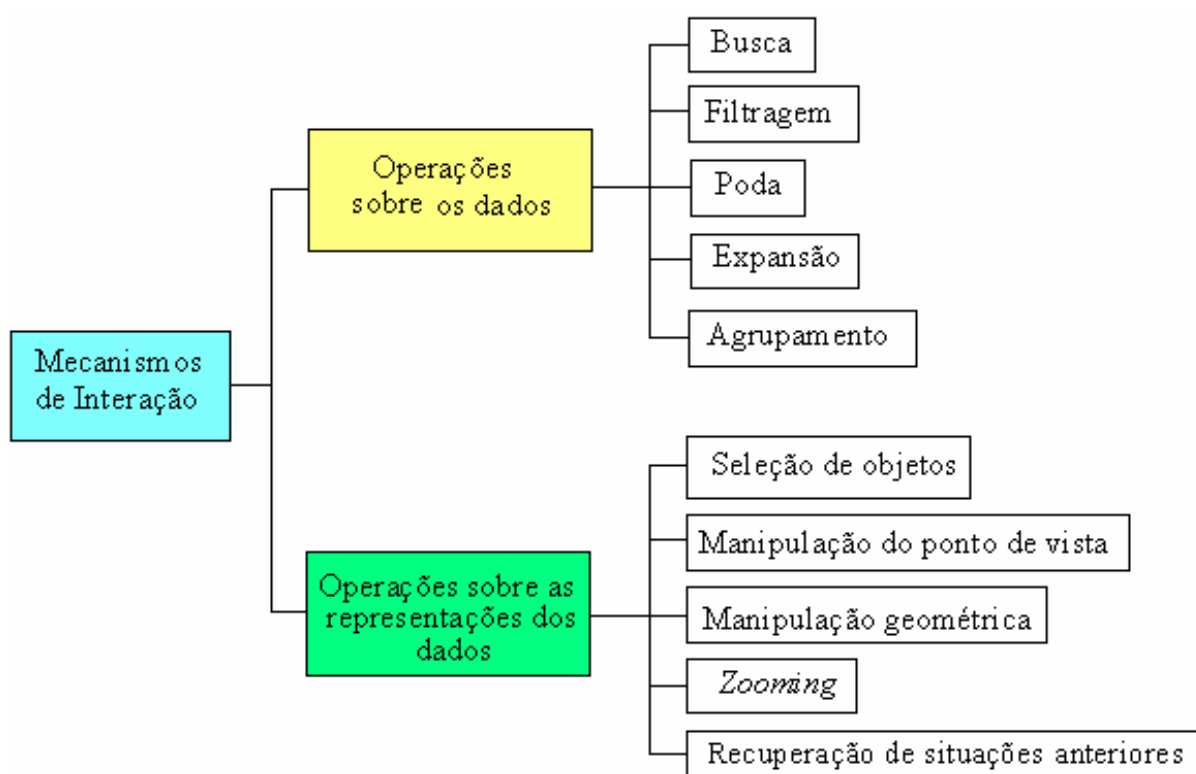


Figura 24 - Mecanismos de interação identificados nas técnicas de visualização de informações hierárquicas.

Fonte: LUZZARDI, 2003, p.110.

#### 4.3.2.1 Descrição dos mecanismos de interação

##### Operações sobre os dados

O usuário pode operar diretamente sobre os dados através dos mecanismos busca, filtragem, poda, expansão e agrupamento, que são detalhados logo abaixo.

##### Busca

Uma técnica de visualização de informações deve propiciar mecanismos rápidos e eficazes que permitam aos usuários encontrar as informações desejadas por meio de consultas eficientes.

## Filtragem

A filtragem identifica e elimina da visualização itens que não sejam do interesse do usuário, culminando obrigatoriamente na alteração do contexto global da representação. Através de consultas dinâmicas, *zooming* e rotações animadas o usuário refina a sua busca pelos dados até encontrá-los.

## Poda

Essa operação reduz o número de elementos presentes na representação visual por meio da eliminação de objetos que possuem alguma característica especial. A técnica *MagniFind*, por exemplo, não mostra os nodos que estão distantes do objeto focado.

## Agrupamento

Consiste na formação de grupos de objetos com base em estruturas ou conteúdo, de forma a gerar visões abstratas do espaço de informação que se adaptam ao pequeno espaço disponível na tela. Trata-se de uma forma de reduzir o número de elementos presentes na visualização.

## Expansão

Há momentos da interação nos quais o usuário precisa expandir a estrutura da informação apresentada, permitindo a visualização de uma quantidade maior de dados. Essa operação pode ocorrer através da expansão de sub-árvores, expansão de agrupamentos e expansão por níveis.

Nas Fig. 25 e 26 é apresentada a técnica *Bifocal Tree* (CAVA, 2002) procedendo a expansão de um nodo que havia sido agrupado.

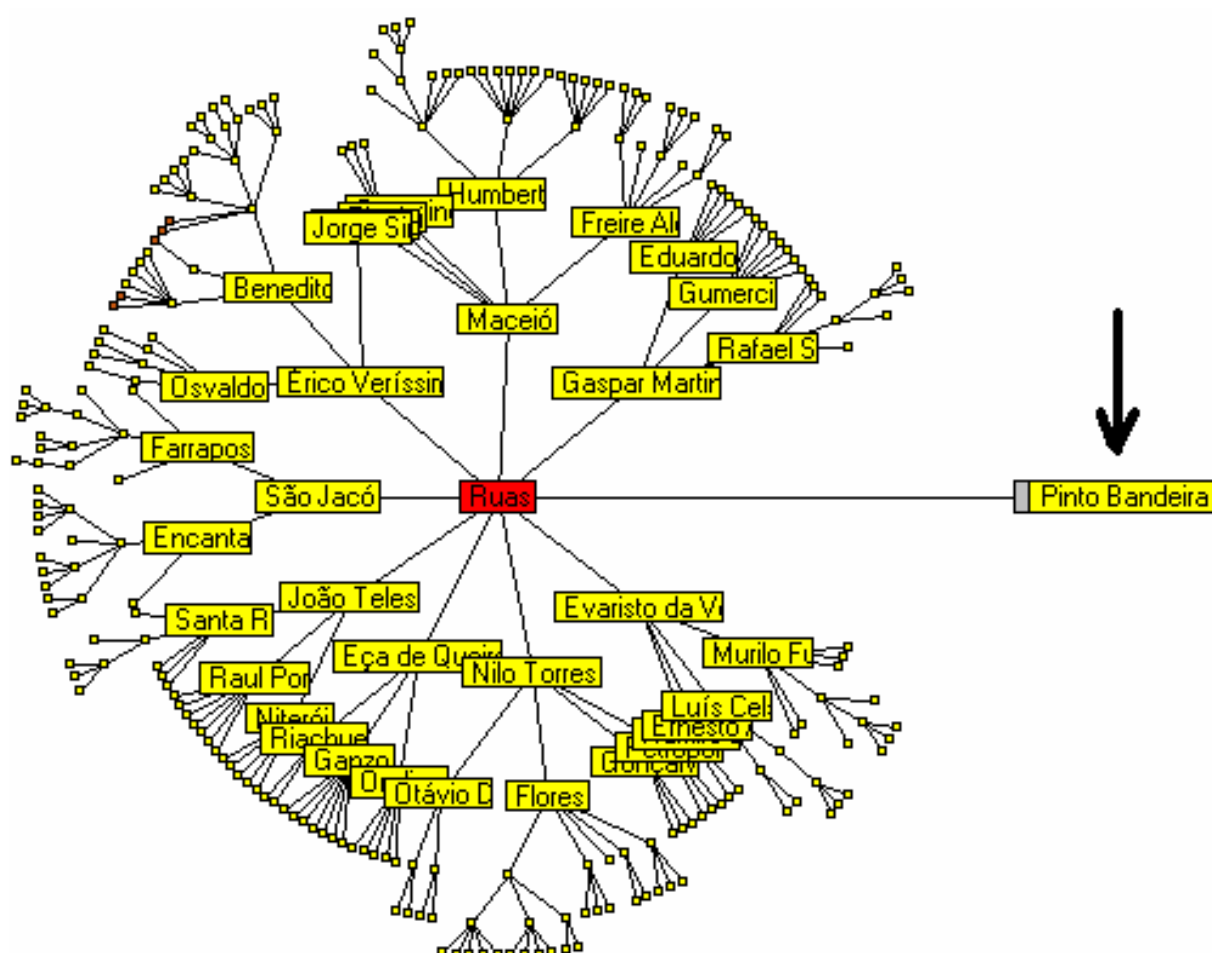


Figura 25 - *Bifocal Tree* exibindo um nodo agrupado "Pinto Bandeira".  
Fonte: LUZZARDI, 2003, p.114.

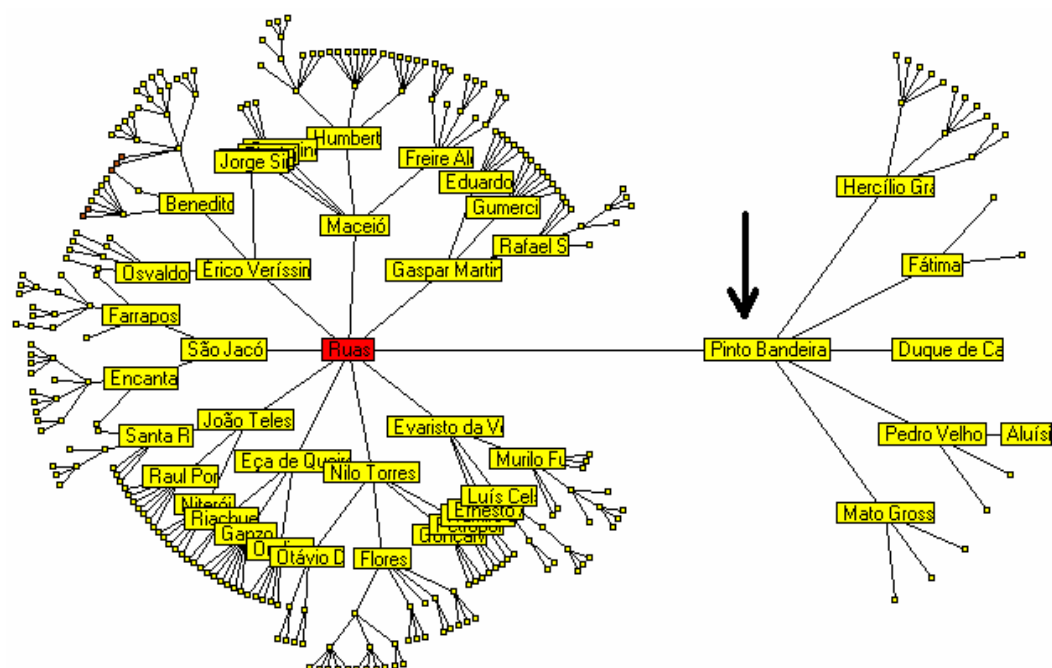


Figura 26 - *Bifocal Tree* expandiu nodo "Pinto Bandeira".  
Fonte: LUZZARDI, 2003, p.114.

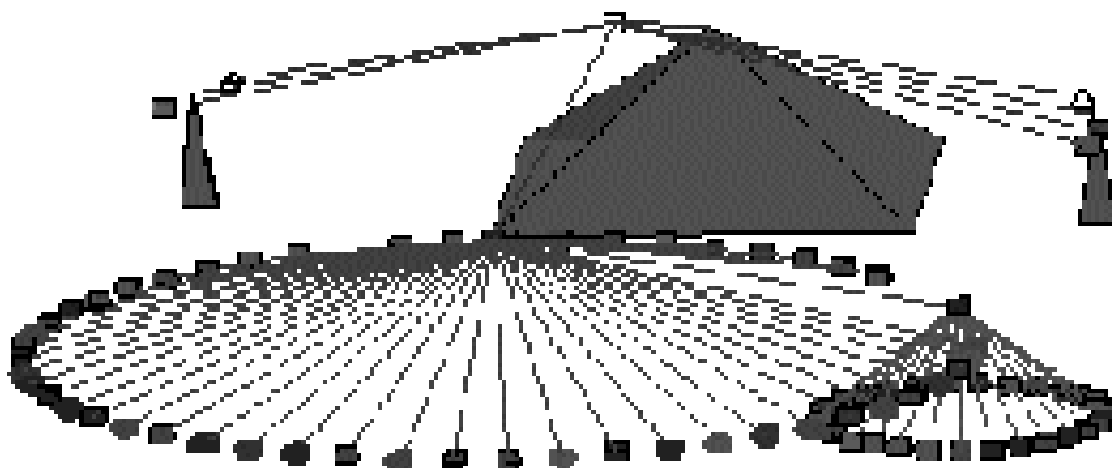


Figura 27 - *fsviz* Representação visual exibindo um agrupamento de nodos.  
Fonte: LUZZARDI, 2003, p.115.

Segundo o autor desse conjunto de critérios, uma técnica que opera com agrupamentos precisa permitir ao usuário expandi-los para que o mesmo consiga encontrar um elemento de informação específico. A técnica de visualização de informações *fsviz* (CARRIÉRE, 1995 apud LUZZARDI, 2003) (Fig. 27), por exemplo, possui mecanismos que viabilizam ao usuário efetuar consulta dinâmica dos dados. A minimização do número de nodos exibidos essa técnica provoca um decremento na desordem visual e um incremento na eficiência do processo de visualização. Para que isso ocorra, a escolha dos nodos que serão ocultados é realizada de acordo com a distância entre eles e o ponto de interesse do usuário. Nessa técnica, a metáfora visual empregada faz com que os nodos posicionados além de uma determinada distância sejam incluídos num tetraedro.

Uma outra maneira possível de controlar o volume de elementos de informação mostrados é propiciar ao usuário um mecanismo interativo capaz de aumentar o número de níveis exibidos, ou seja, a expansão por níveis. Na técnica *TreeMaps*, por exemplo, é possível controlar a quantidade de níveis exibidos, sendo que a primeira representação visual da técnica mostra todos os níveis da hierarquia. Através de um *slider* destinado a informação do número de níveis apresentados pela técnica é possível ajustar a quantidade de níveis da representação, utilizando um mecanismo de filtragem para a expansão.

## **Operações sobre as representações dos dados**

Os mecanismos interativos através dos quais o usuário opera sobre a representação dos dados são seleção de objetos, manipulação do ponto de vista, manipulação geométrica, *zooming* e recuperação de situações anteriores. Logo abaixo os mecanismos são descritos.

### **Seleção de objetos**

A tarefa de selecionar um elemento no contexto da representação visual costuma não ser trivial, devido à oclusão dos dados, por exemplo. Pode acontecer de o usuário querer selecionar apenas uma fração do objeto ou a forma de apontamento ser inadequada para a situação. A seleção do ponto de interesse do usuário precisa ocorrer levando em conta a minimização da desorientação do usuário que possa ser eventualmente provocada por uma mudança repentina no *layout*.

Para o autor, a seleção de objetos divide-se em duas classes: seleção de um elemento de informação diretamente sobre a representação visual e destaque do elemento de informação selecionado.

Praticamente a totalidade das técnicas de visualização permitem apontar e selecionar um elemento de informação diretamente sobre uma representação visual, o que facilita a navegação e simplifica a maneira pela qual o usuário manipula os elementos de informação.

O destaque do elemento de informação selecionado dos objetos restantes auxilia o usuário na confirmação do objeto tratar-se realmente do objeto do seu interesse ou não.

### **Manipulação do ponto de vista**

Deve ser possível ao usuário movimentar-se no espaço de informação. O autor aconselha que no caso de representações bidimensionais o usuário deve conseguir alterar a região (ou sub-árvore) que é objeto do mapeamento na área de exibição da técnica. Caso a representação seja tridimensional, operações de câmera



e navegação devem ser oferecidas ao usuário a fim de que o mesmo possa manipular o seu ponto de vista.

### **Manipulação geométrica**

É desejável que as técnicas de visualização disponibilizem ao usuário mecanismos destinados a rotação, translação, movimentação e mudança de escala, pois essas viabilizam à ele interação com os objetos visuais da representação, alternativamente à sua movimentação.

### ***Zooming***

O usuário necessita ter uma visão detalhada de alguns objetos do seu interesse na medida que deles se aproxima, contudo é fundamental que ele tenha também uma visão generalizada do contexto global das informações de forma a manter-se orientado. As principais características desse mecanismo são visão detalhada dos elementos de informações focados, visão contextual do restante dos elementos de informação e controle do nível de detalhes.

### **Recuperação de situações anteriores**

É comum o usuário executar alguma operação que o conduza à uma representação visual inesperada, ocasionando desorientação visual. É desejável, portanto, que a técnica de visualização ofereça-lhe meios de recuperar-se de tais situações.

Os mecanismos de recuperação conhecidos são desfazer a última operação (*Undo*), recomeçar (*Reset*) e reexibir elementos de informação já visitados pelo usuário (*back* e *forward*).

O mecanismo *Undo* permite que o usuário obtenha a representação visual anterior, desfazendo a operação realizada mais recentemente.

A função *Reset* é trivial em sistemas interativos. No caso de visualização de informações é equivalente à exibição da representação *default* da técnica.

As funções *back* e *forward* conduzem o usuário à contextos (telas, imagens, informações, etc.) já consultados, propiciando uma espécie de histórico de operações da técnica.

#### **4.3.3 Relacionamento com os critérios ergonômicos**

A Fig. 28 apresenta a equivalência existente entre os critérios ergonômicos (BASTIEN, 1993) e os critérios de avaliação propostos por Luzzardi (2003). De acordo com Luzzardi, aspectos exclusivamente atinentes aos atributos de interfaces gráficas das técnicas de visualização (botões, menus, etc.) devem ser inspecionados com um teste tradicional de usabilidade, à exemplo do ErgoList (LABIUTIL, 2006).

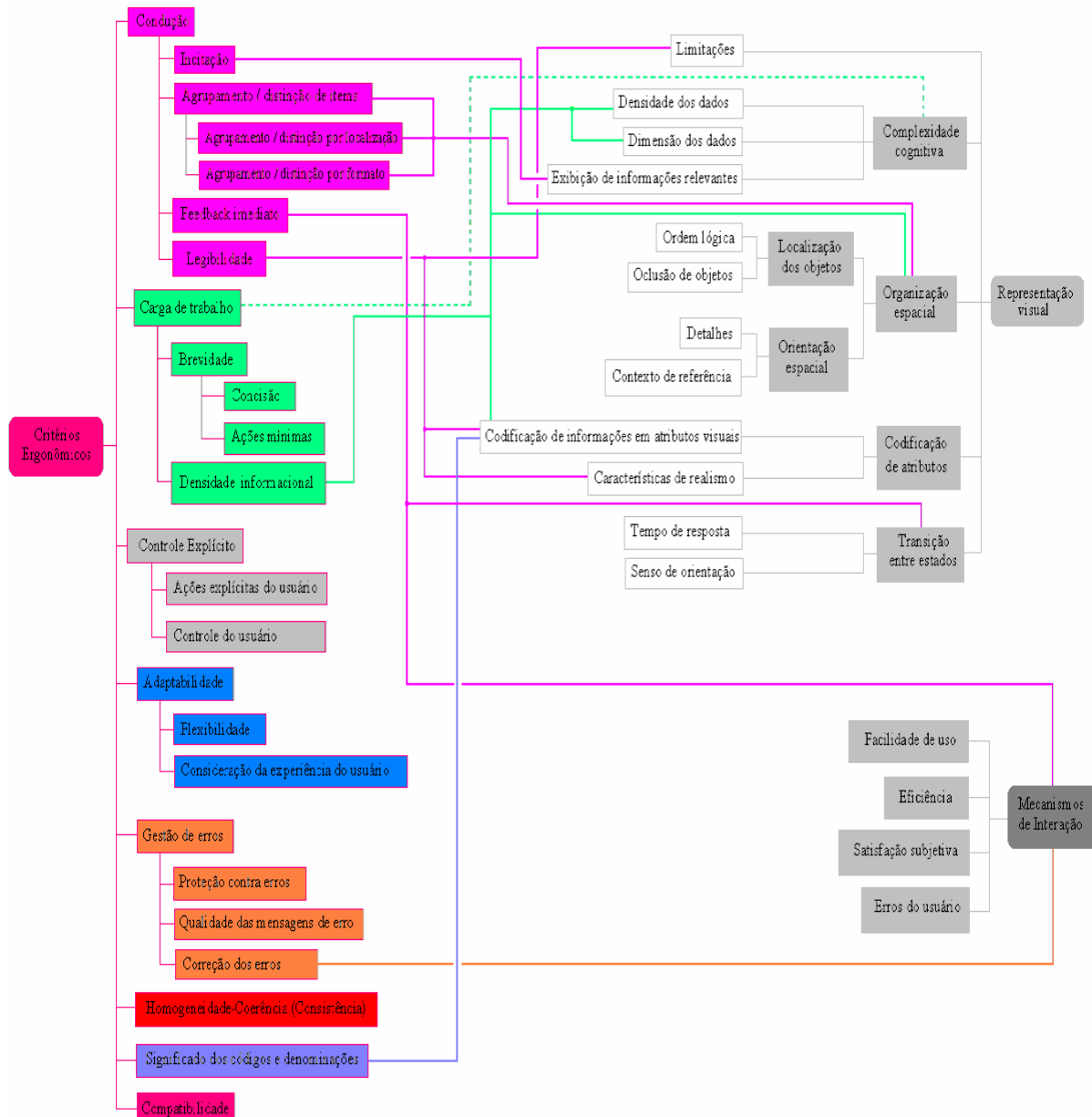


Figura 28 - Relação dos critérios de Luzzardi (à direita) com os critérios ergonômicos (à esquerda).

Fonte: LUZZARDI, 2003, p.123.

#### 4.4 Considerações finais

A revisão bibliográfica do presente trabalho encerra-se nesse ponto. O estudo realizado sobre as técnicas de visualização de informações hierárquicas, sobre os temas usabilidade e teste em associação com os critérios ergonômicos (BASTIEN, 1993), com as heurísticas de Nielsen (JAKOB, 2006) bem como com os critérios de usabilidade de Luzzardi (2003) dão suporte aos próximos capítulos do texto onde será proposta a extensão dos critérios ergonômicos.