

# Criatividade: Uma visão geral

Ricardo da Silva Souza

Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP

Departamento de Computação de Automação - DCA

Julho 2009

## Resumo

Este trabalho busca dar uma visão geral sobre desenvolvimentos e propostas de sistemas criativos, tentando assim levantar as qualidades e eficiências de cada uma das abordagens em cada um dos seus domínios, literatura, música, artes. Além de implementações também é dada uma breve explorada em proposições de possíveis *frameworks* para a implementação de comportamentos criativos.

## 1 Introdução

Tentativas de implementação ou, voltando ainda mais no tempo, de explicação e definição da criatividade e de como esse processo ocorre vem a muito tempo fomentando pesquisas e discussões nos mais diferentes meios acadêmicos. Este trabalho procura apresentar uma visão geral sobre as teorias que buscam explicar e definir o que é criatividade e quando e porque alguma coisa é criativa, bem como apresentar algumas implementações de sistemas artificiais capazes de realizar tarefas criativas.

Este artigo está dividido da seguinte forma. A seção 2 trás uma revisão sobre teorias e propostas sobre a criatividade, na seção 3 serão apresentadas algumas implementações de sistemas criativos, enquanto na seção 4 serão mostradas propostas para *frameworks* para sistemas criativos. A conclusão é apresentada na seção 5 seguida das referências utilizadas para a realização deste trabalho.

## 2 Criatividade

Podemos definir criatividade como o processo mental e social envolvendo a geração de novas idéias ou conceitos, ou novas associações entre idéias conceitos. Levando mais a fundo esse conceito, podemos dizer que uma idéia, conceito ou criação só pode considerada criativa se, além de ser algo novo, for algo apropriado, útil.

Uma visão que é extremamente aceita entre pesquisadores é a de Margaret Boden[Boden 1998] que classifica desenvolvimentos criativos em dois tipos: P-criatividade (Pessoal ou Psicológica) que caracteriza a criação de algo novo para o indivíduo e a H-criatividade (Histórica) que seria a criação de algo novo para toda a humanidade. Além disso, Boden ainda divide o processo criativo em três tipos: combinacional, que seria combinações novas, e improváveis, de idéias familiares; a exploratória, que seria geração de novas idéias pela exploração de espaços conceituais estruturados; e a criatividade Transformacional (ou Bissociação), que seria a transformação de alguma (uma ou mais) dimensão desse espaço.

Uma outra abordagem para o processo criativo é a de John Gero [Gero 2002], onde o processo pode ser dividido em dois tipos: *routine designing* e *non-routine designing*. O *routine designing* ocorreria quando todo o conhecimento necessário para o processo é conhecido, todas as suas variáveis e seus possíveis resultados estão dentro de um espaço delimitado e conhecido, Figura ???. Já o *non-routine designing* é subdividido em dois tipos: *Innovative designing* e *Creative designing*. O *Innovative designing* ocorre quando o contexto que contém os possíveis

### 3 Implementações Computacionais

Existem diversas implementações de sistemas, ditos, criativos. Neste trabalho vamos mostrar alguns desses sistemas nas áreas de literatura, música e artes e apresentar algumas abordagens e propostas de *frameworks*.

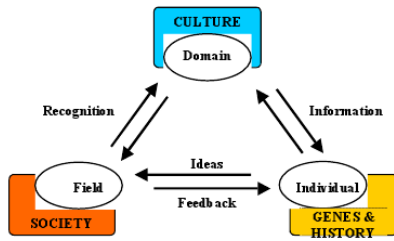


Figura 1: Modelo de criatividade situacional de Csikszentmihalyi

valores para as variáveis do processo é alterado, de forma que novos valores tornam-se possíveis. Já o *creative design*, ocorre quando novas variáveis são introduzidas ao processo, assim novos estados e possibilidades tornam-se possíveis. No entanto, o *creative design* não garante que o resultado final será algo criativo, apenas possibilita isto.

Rob Saunders [Saunders 2002] nos dá uma definição, ou uma visão, do que seria criatividade artificial. Seria a abordagem computacional para o estudo de comportamentos criativos utilizando simulações em “*close-worlds*” de sistemas criativos. O termo “*close-worlds*” é de uma vital importância nesta afirmação, pois, como veremos, implementações de sistemas criativos, em sua grande maioria, tratam-se de sistemas especialistas.

Outra visão sobre criatividade é a da criatividade situada, que pode ser vista em trabalhos como o de Suwa [Suwa et al 2000] e Csikszentmihalyi, [Gero 2002] e [Saunders 2002]. Suwa define a S-criatividade, que seria a criação de idéias não necessariamente novas, mas para o contexto no qual o processo esta ocorrendo essas idéias não eram esperadas. Já Csikszentmihalyi, diz que a sociedade, e conseqüentemente a cultura, na qual um indivíduo esta localizado exerce influência sobre o processo criativo deste indivíduo, ver Figura 1.

#### 3.1 JAPE

Uma das primeiras implementações de sistemas criativos foi o JAPE [Binsted 1996]. JAPE é um sistema computacional que busca implementar criatividade combinacional [Boden 1998] no processo de geração de charadas relativamente simples, Quadro 1.

(Q) What kind of murderer has fibre? (A) A cereal killer
(Q) What do you call a depressed train? (A) A low-comotive

Quadro 1: Exemplos de charadas geradas por JAPE. [Boden 1998]

Para a construção das charadas, JAPE possui uma rede semântica que incorpora conhecimentos de fonologia, semântica, sintaxe e ortografia. Apesar de uma aparente complexidade, essa rede é completamente estática, sem a possibilidade de aprendizagem ou expansão autônoma, e todas suas informações são introduzidas pelo programador.

A Figura 2, mostra uma visão geral da arquitetura concebida na implementação do JAPE. Podemos identificar 3 estruturas principais nesta Figura. (1) *Schemata* - estruturas que definem o formato geral da charada, por exemplo se a charada irá explorar a ortografia das palavras, a fonética ou semântica. Em outras palavras, define qual a relação que deve existir entre as palavras que serão utilizadas na construção da charada. (2) *Lexicon* - estrutura que contém vários *lexeme*, onde *lexemes* são as estruturas onde são armazenadas as palavras e suas propriedade, o gênero da palavra, seu sentido. (3) *SAD Rules* - regras utilizadas para melhor adequar *lexemes* à um determinado *Schemata*.

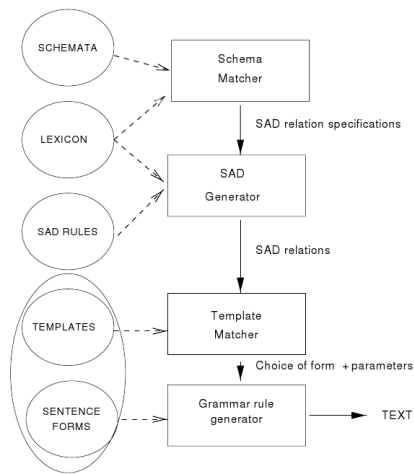


Figura 2: Overview da arquitetura do JAPE [Ritchie 2003]

Após a definição destes 3 elementos podemos explicar o funcionamento da arquitetura da Figura 2. O primeiro passo é a definição de um *Schemata* (aleatoriamente). Após essa definição o *Schema Matcher* procura no *Lexicon* todos os *lexemes* que satisfazem as pré-condições do *Schemata*. Então, o *SAD Generator*, fazendo uso das *SAD Rules*, seleciona os *lexemes* que serão utilizados na charada. A partir daí, o *Template Matcher* faz a construção no formato de pergunta e resposta e por fim o *Grammar Rule Generator* produz o texto final em linguagem natural.

### 3.2 “Contadores de Histórias”

Rafael Pérez y Pérez [Pérez y Pérez 2004] define um novo tipo de criatividade, baseado nas definições de Margaret Boden, a C-criatividade. Segundo Pérez y Pérez, a C-criatividade (computadorizada ou computacional) ocorre quando um sistema computacional gera algum conhecimento que não possuía anteriormente, e este novo conhecimento possui relevância para a saída produzida.

Na comparação entre sistemas criativos existe um ponto a ser observado. Tomando como exemplo sistemas computacionais que implementam criatividade na literatura, a C-criatividade pode ser vista em duas formas: (1) o sistema produz novos conheci-

mentos sobre estrutura e conteúdo de textos literários e (2) sistema produz conhecimento, apenas, sobre o conteúdo de textos. Esses sistemas não podem ser considerados igualmente C-criativos.

#### 3.2.1 MINISTREL

O MINISTREL [Turner 1993] é um sistema computacional que escreve curtas histórias sobre o Rei Arthur e os cavaleiros da Távola Redonda. Sua implementação pode ser vista como um resolvidor de problemas, onde a evolução da história ocorre através da resolução de problemas menores que levam ao desfecho da mesma. Outra importante característica é que histórias anteriores, produzidas pelo sistema, são armazenadas em uma memória episódica e utilizadas como auxílio para a criação de novas histórias.

Este sistema faz uso de *schemas* para a representação dos elementos necessários. Estes *schemas* podem ser de dois tipos:

1. *Schemas* do autor: estes *schemas* definem os objetivos do autor e à estes objetivos podem estar associados instruções que definem de forma explícita como atingi-los, por exemplo adicionar suspense;
2. *Schemas* do personagem: definem os objetivos dos personagens, emoções, objetos físicos, em outras palavras os elementos da história. Esses *schemas* podem ser associados entre si;

As histórias criados pelo MINISTREL tem como ponto de partida a escolha de um PAT (*Planning Advice Themes*). Um PAT nada mais é do que um tema de *schemas*, ou seja, a escolha de um PAT define os elementos principais da história, como personagens, cenários, etc. Na definição original do sistema existem 6 PATs.

O desenvolvimento das histórias no MINISTREL pode ser dividida em dois processos principais: processo de planejamento e de resolução do problema. O processo de planejamento controla os objetivos do autor, por exemplo quando o sistema é iniciado o objetivo de contar uma história é acionado e vai sendo subdividido em problemas menores até a história estar terminada.

O processo de resolução do problema faz, como o próprio nome diz, a resolução dos problemas do autor como selecionar e ilustrar um tema, geração de introdução e desfecho ou tradução dos *schemas* que montam a história para linguagem natural. Além disso, entre a execução dos processos o sistema constantemente busca pelos chamados *Opportunistic goals* que pode ser a necessidade de inserção de elementos para a manutenção e verificação da consistência da história ou a oportunidade de adicionar elementos dramáticos, como suspense.

A principal característica do sistema é a sua proposta para representação do processo criativo. E a base de todo o processo criativo no MINISTREL são as TRAMS (*Transform Recall Adapt Methods*). As TRAMS são utilizadas para a criação, ou produção, de novas cenas. Possuem instruções explícitas de como modificar especificações de *schemas* e quando executadas, criam pequenas alterações na tentativa de resolver o problema atual.

Para melhor esclarecer o funcionamento das TRAMS, vamos tomar o seguinte exemplo. O sistema deseja criar uma cena onde um guerreiro comete suicídio, ao procurar as possíveis soluções para o problema o sistema não encontra uma que possa ser utilizada (outra característica do MINISTREL é que o mesmo evento, por exemplo guerreiro luta com um *troll* e morre, não podem ocorrer mais de duas vezes, assim garantindo a criação de novos acontecimentos), porém na sua memória episódica existe uma cena onde uma princesa bebe uma poção e fica doente. O sistema, ao não encontrar uma solução direta para o problema, executa uma TRAM para encontrar situações que sejam parecidas. Essa TRAM “reconhece” que ficar doente é similar a morrer, assim faz uma pequena alteração na cena desejada, agora o guerreiro ao invés de se matar, ele fica doente intencionalmente. Ainda com essa pequena alteração o sistema não encontra uma solução para seu problema, uma outra TRAM é então executada e a cena é generalizada, agora ao invés do guerreiro a cena se torna “alguém faz algo para ficar doente”. O sistema então encontra uma solução para o problema, agora as alterações aplicadas pelas TRAMS são alteradas e na cena resultante o guerreiro

comete suicídio bebendo uma poção.

### 3.2.2 MEXICA

MEXICA [Pérez y Pérez 2004] é outro exemplo de um sistema “contador de histórias” que busca implementar criatividade. Suas histórias são sobre os MEXICAS, antigos habitantes da, hoje, cidade do México. Este sistema propõe um modelo para o processo cognitivo da escrita chamado *Engagement-Reflection*, que posteriormente foi proposto como um framework (ver Seção 4.2).

Uma das propostas do MEXICA é criar um sistema criativo que não faça uso de objetivos e estruturas explícitas, ao invés disso utiliza as chamadas *Knowledge Structures* geradas a partir do processamento de histórias fornecidas pelo usuário e criadas pelo próprio sistema anteriormente.

Antes de um aprofundamento no que seriam essas *Knowledge Structures* é necessário a introdução do conceito de SWC (*Story-World Context*). Por não utilizar objetivos e estruturas explícitas, MEXICA utiliza uma abordagem diferente para a geração de sequências de ações coerentes. Essa abordagem assume que reações de personagens a eventos de qualquer natureza são condicionados pelo contexto de mundo, SWC, no momento em que a ação ocorre. Assim uma sequência de ações coerentes pode ser produzida relacionando eventos através dos SWC ao seu redor, evitando, assim, o uso de objetivos e estruturas de histórias pré-definidas.

A formação das histórias é feita por dois tipos de informação, explícitas e tácitas. Informações explícitas consistem de ações realizadas pelos personagens que são registradas em estruturas que representam eventos da história e posteriormente são transcritas na história propriamente dita. Já informações tácitas são formadas por consequências ou pós-condições de ações que alteram o *story-world*, e são armazenadas nos SWCs, porém nunca aparecem como parte da narrativa. Um exemplo de informação explícita é a ação *Princesa cura feridas de cavaleiro após batalha*. Como consequência desta ação o cavaleiro sente uma enorme gratidão para com a princesa. Esta consequência é uma informação tácita

classificada como um *link* emocional entre personagens numa história. Como cada personagem possui seu próprio SWC, e assim, uma ação pode produzir diferentes reações em diferentes SWCs. Os SWCs também podem ser modificados por rotinas de inferência de pós-condições, que realizariam a detecção de situações específicas.

O processamento das histórias fornecidas pelo usuário resulta num conjunto de SWCs relacionados com as ações consequentes nas histórias anteriores. Ou seja, o sistema associa grupos de ações para serem executadas para SWCs específicos. E durante o ciclo de *engagement-reflection* MEXICA utiliza os SWCs da história em progresso base para vasculhar a memória e escolher o próximo evento. As histórias anteriores também são utilizadas como padrão para medir o nível de interesse (*interestingness*) da história sendo produzida.

Durante o processo de *engagement*, MEXICA recupera ações da memória evitando o uso de objetivos explícitos ou estruturas pré-definidas, e é formado pelo seguintes passos: (1) Uma ação é realizada pelo personagem (a primeira ação da história é informada pelo usuário); (2) Os SWCs são modificados e utilizados para realizar a busca na memória; (3) Recuperação de possíveis próximas ações, que são filtradas de acordo com especificações da fase de *reflection*; (4) Uma ação é escolhida e executada; (5) Ciclo volta ao passo 2.

No estágio de *reflection*, MEXICA executa duas funções principais: (1) verificação da coerência da história em progresso e (2) a avaliação do nível de novidade e de interesse da história. A verificação e manutenção da coerência da história é feita utilizando as pré-condições das ações, condições que precisam ser verdadeiras para que ação possa ocorrer.

### 3.3 The Digital Clockwork Muse

*The digital clockwork muse* [Saunders et al 2001] é um sistema artificial criativo desenvolvido para explorar o papel que a influência de um indivíduo desempenha em um sistema criativo social situado. O sistema consiste de múltiplos agentes dentro de um domínio realizando buscas por *genetic artworks*, Figura 3,

interessantes e potencialmente criativas.

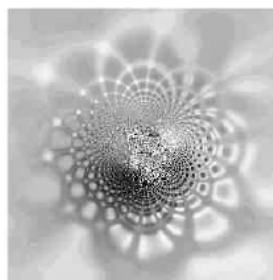


Figura 3: Exemplo de um *genetic artwork* [Saunders 2002]

Cada agente possui um sistema de artes evolutivo que o permite gerar obras de arte genéticas e se comunicar com outros agentes, escolhidos aleatoriamente, a cada unidade de tempo. Um agente ao gerar uma nova obra deve categorizar essa obra. O erro de categorização é utilizado como medida de novidade de uma obra e esta medida é utilizada para o cálculo do interesse do agente na obra em questão. Esta medida é utilizada para determinar a ação a ser tomada em termos da escolha de uma obra para evoluir ou na escolha de uma obra para compartilhar com outros agentes.

Quando um agente identifica uma obra que julga interessante ele pode escolher compartilhar esta obra com outros agentes. se outro agente concordar que a obra é interessante ele pode escolher utiliza-la como ponto de partida para sua própria busca por novidades. Um dos experimentos realizados foi o da emergência de grupos que compartilham interesses por níveis de novidade (*novelty levels*) semelhantes. A Figura 4 ilustra os resultados destes experimento, nela podemos ver a criação de grupos distintos baseados neste compartilhamento de interesses.

### 3.4 Tra-La-Lyrics

O Tra-La-Lyrics [Oliveira et al 2007] é um sistema artificial criativo para o desenvolvimento de letras (*lyrics*) baseadas em melodias. Ou seja, a partir de uma melodia o sistema gera uma letra para a música. Para realizar essa tarefa o sistema associa cada sílaba a uma nota da melodia levando características da nota em consideração, como

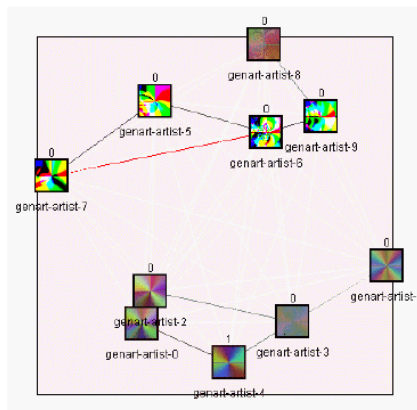


Figura 4: Screenshot da simulação do *Clockwork Muse*

duração. As construções e regras utilizadas para a geração das letras são baseadas na língua portuguesa.

O sistema recebe como entrada um arquivo MIDI, contendo a melodia e fornece como saída um arquivo PDF contendo a letra escrita sobre a melodia. A Figura 5 mostra a arquitetura do sistema.

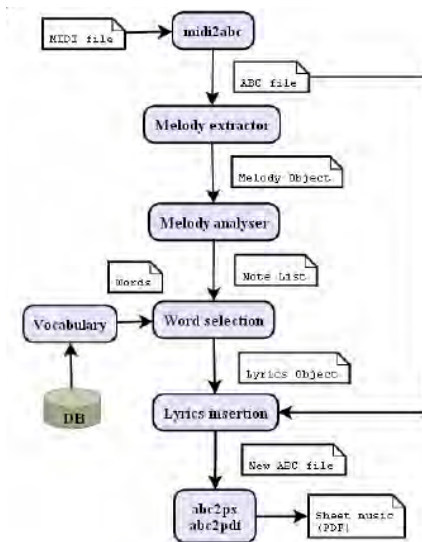


Figura 5: Arquitetura do sistema Tra-La-Lyrics [Oliveira et al 2007]

Ao receber o arquivo MIDI, este passa por um módulo (*midi2abc*) que transforma o áudio num arquivo de texto, este arquivo então passa por um módulo detector de melodias e em seguida por um módulo analisador de melodias onde será decidido as

características das sílabas que deverão ser colocadas em cada nota. Baseado nos resultados do analisador de melodias um módulo de seleção de palavras escolhe palavras dentro de um vocabulário que se encaixam na melodia. Então a letra é inserida na melodia e entregue como saída do sistema.

## 4 Frameworks

Além de inúmeras implementações de sistemas criativos, também existem proposições de *frameworks* para o desenvolvimento de sistemas criativos. Neste trabalho serão apresentadas duas propostas de *frameworks*:

### 4.1 *How thinking inside the box can become thinking outside the box*

A primeira proposta consiste de um *framework* conceitual, onde é apresentada uma nova visão para o desenvolvimento de sistemas criativos. Esta proposta utiliza como base as definições de criatividade de Margaret Boden [Boden 1998] e propõe que uma implementação de uma criatividade exploratória (busca guiada em espaços conceituais conhecidos [Thornton 2007]) pode levar a uma criatividade transformacional (criação de um novo espaço conceitual [Thornton 2007]). Uma análise mais profunda das observações de Boden mostra que a identificação de um novo conceito dentro de um espaço de conceitos precisa envolver a construção deste conceito. E este processo, presumidamente, utiliza conceitos já existentes.

É necessário, então, definir como conceitos podem ser combinados de forma a gerar novos conceitos. Dois casos podem ser definidos: (1) construção por categorização, onde vários sub-conceitos podem ser interpretados como instâncias de um conceito maior e (2) construção composicional, onde os sub-conceitos são constituintes desse conceito maior; Figura 6. Onde a construção por categorização possui uma capacidade limitada, ou seja, dentro de um espaço de conceitos um agente com capacidade apenas de realizar a construção por categorização será capaz de produzir um

número finito de conceitos, enquanto que neste mesmo espaço um agente capaz de realizar a construção composicional será capaz de produzir um número infinito de conceitos.

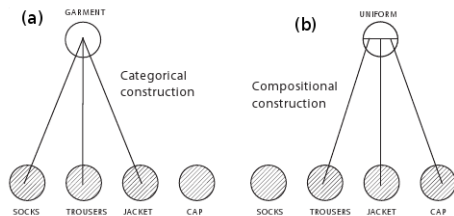


Figura 6: (a) Construção por categorização (b) construção composicional [Thornton 2007]

Formalizando, neste contexto o processo transformacional pode ser interpretado como qualquer desenvolvimento que tenha um efeito de criar um conjunto de conceitos com propriedades extensivas que se sobrepõe sobre outros.

Como foi dito anteriormente, este trabalho propõe a utilização desta visão sobre as teorias propostas por Margaret Boden como base para o desenvolvimento de sistemas realmente criativos.

## 4.2 Engagement and Reflection

Este *framework* é resultado de trabalhos posteriores da equipe responsável pelo desenvolvimento do MEXICA. Ele na verdade é uma generalização do processo de *engagement-reflection* descrito anteriormente, ver seção 3.2.2. Processo este que propõe um modelo de como humanos aplicam conhecimentos abstratos em tarefas criativas. Antes de chegar a esta generalização, o modelo foi aplicado em, além do MEXICA, dois sistemas artificiais criativos: no *The Geometrician*, um sistema que tenta resolver problemas de geometria apenas com uma régua e um compasso (mais detalhes em [Vilaseñor 2005]), e em um sistema de interpretação de imagens.

O resultado desta generalização é um *framework* [García et al 2006] para o desenvolvimento de sistemas criativos onde sua unidade básica é a ação, que é definida por

um conjunto de pré e pós-condições.

Assim, a definição genérica de ambos os processos é:

- *Engagement*: Produção de muitas idéias, sem levar em consideração as pré-condições para ocorrência das ações;
- *Reflection*: Avaliação das idéias geradas na fase de *engagement* e a aplicação de restrições e de pré-condições;

A Figura 7 mostra a arquitetura proposta para a implementação deste *framework*. Nela, os componentes responsáveis pelos processos de *engagement* (parte de cima) e *reflection* (parte de baixo) podem ser vistos explicitamente. Onde o componente de *engagement* é restringido pelos filtros, enquanto o responsável pelo processo de *reflection* sofre restrições pelo componente *constraints*. É interessante notar também que tanto o processo de *engagement* trabalham com as mesmas estruturas de dados. Onde as particularidades de cada instanciação das classes *Context*, *Action* e *LTM* irão definir a aplicação do *framework*.

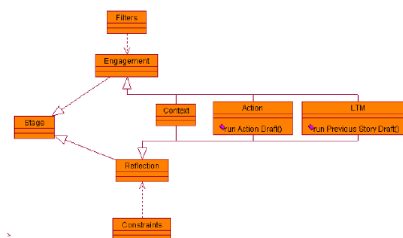


Figura 7: Arquitetura do *framework* para *Engagement and Reflection* [García et al 2006]

## 5 Conclusão

Este trabalho apresentou várias implementações de sistemas criativos e algumas propostas para *frameworks*, ou *frameworks* conceituais. Pode ser observado que a maioria das propostas de sistemas criativos implementam algo que pode ser facilmente relacionado com a

definição de P-criatividade da Margaret Boden. As definições dadas por Boden, apesar de amplamente aceitas, nem sempre descrevem bem a criatividade proposta por alguns trabalhos, por isso alguns autores propoe suas próprias definições para melhor definir o escopo e proposta de seus sistemas.

Outra importante características destes sistemas é que todas as implementações tratam apenas com situações de “*close-worlds*” bem específicas. Ou seja, tratam-se de sistemas extremamente especialistas. Mas, apesar de existirem poucas propostas de sistemas genéricos, já existem propostas de *frameworks* para o desenvolvimento de sistemas criativos.

## Referências

- [Boden 1998] Boden, Margaret A. *Creativity and artificial intelligence*, Artificial Intelligence, Elsevier Science, 1998;
- [Saunders 2002] Saunders, R., Gero, J. *How to Study Artifical Creativity*, Proceedings of the 4th conference of Creativity and Cognition, Loughborough-UK, 2002;
- [Saunders et al 2001] Saunders, R., Gero, John S. *The digital clockwork muse: A computational model of aesthetic evolution*, Proceedings of the AISB'01 Symposium on Artificial Intelligence and Creativity in Arts and Sciences, University of York, York-UK, 2001.
- [Sosa 2006] Sosa, R., Gero, J. *Creative individuals or creative situations? A computational model of creativity based on social influence*, Proceedings of SIGraDI'02, 2002;
- [Suwa et al 2000] Suwa, M., Gero, J. S. and Purcell, T. *Unexpected discoveries and s-inventions of design requirements: Important vehicles for a design process*, Design Studies, 2000;
- [Pérez y Pérez 2004] Pérez y Pérez, R., Sharples, M. *Three computer-based models of storytelling: BRUTUS, MINSTREL and MEXICA*, Knowledge-Based Systems, 2004;
- [Binsted 1996] Binsted, K. *Machine humour: an implemented model of puns*, Ph.D., University of Edinburgh, 1996;
- [Ritchie 2003] Ritchie, G. *The JAPE riddle generator: technical specification*, 2003;
- [Gero 2002] Gero, John S. *Computational Models of Creative Designing Based on Situated Cognition*, Proceedings of the 4th conference of Creativity and Cognition, Loughborough-UK, 2002;
- [García et al 2006] García, R., Gervás, P., Hervás, R., Pérez y Pérez, R. *A Framework for the E-R Computational Creativity Model*, Proceedings of the 5th Mexican international conference on Artificial Intelligence, Apizaco-Mexico, 2006;
- [Thornton 2007] Thornton, C. *How thinking inside the box can become thinking outside the box*, Proceedings of the 4th International Joint Workshop on Computacional Creativity, 2007;
- [Oliveira et al 2007] Oliveira, H., Cardoso, F., Pereira, F. *Computational CreTra-la-Lyrics: An approach to generate text based on rhythm*, Proceedings of the 4th International Joint Workshop on Computacional Creativity, 2007;
- [Turner 1993] Turner, S.R. *MINSTREL : A computer model of creativity and storytelling*, PhD Dissertation, University of California LA, 1993.
- [Vilaseñor 2005] Acosta Villaseñor, E. *Aplicacion de un modelo en computadora del proceso creativo a la solucion de problemas en geometria*. PhD thesis, Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 2005