

# Sistema Adaptativo de Reescrita Musical Estocástica

Rafael Baquini Bueno, Ricardo Luis de Azevedo da Rocha

Escola Politécnica – Universidade de São Paulo (USP)  
Av. Prof. Luciano Gualberto. Trav. 3 N. 158 - 05508-900 - São Paulo - SP - Brasil  
rafael.bueno@poli.usp.br, luis.rocha@poli.usp.br

***Abstract.** This paper describes a musical composing system based on stochastic rewriting rules that can change during computational steps. This rewriting allows the music composing to change the three main sound properties: pitch, duration and intensity. The rules composition can be changed to fit the different musical styles.*

***Resumo.** Este artigo visa descrever um sistema de composição musical baseado em regras estocásticas de reescrita, que são alteradas em tempo de execução. Esta reescrita permite a composição de música alterando as três principais propriedades do som: altura, duração e intensidade. A composição das regras pode ser alterada de maneira a se adequar aos diferentes estilos musicais.*

## 1. Introdução

A composição musical pode ser vista como um processo baseado em regras discretas e bem comportadas. Uma linha melódica trabalha a manipulação de algumas propriedades do som tais como altura, duração ou ritmo e intensidade, e estas devem ser levadas em conta durante a composição. Este estudo se baseia no Sistema Tonal, assim, também é preciso levar em conta a relação que os diferentes sons apresentam entre si.

Desta forma, pode-se utilizar um modelo computacional para auxiliar neste processo, simulando a estrutura musical e gerando estocasticamente linhas melódicas estruturadas, através da manipulação das propriedades do som acima citadas.

## 2. Modelagem Musical

Uma melodia pode ser definida por um conjunto de compassos. A estruturação deste conjunto depende de aspectos como a Escala escolhida, o Estilo desejado para a música, e o tamanho total ou número de compassos. Aqui, é preciso definir, também, um Fator de Substituição, que controla o número de iterações no processo de reescrita.

Cada compasso é composto por um acorde principal, a partir do qual são geradas as demais notas; da sua duração e de um conjunto de notas. Para simplificação do modelo, adota-se que, cada compasso é formado por apenas um acorde, que será a base de substituição do compasso.

Uma nota é definida por suas propriedades sonoras: duração, intensidade, tom e altura. Além disso, define-se um campo de Taxa de Substituição (TS), que determina a probabilidade de uma nota ser substituída durante o processo de reescrita. Assim, as três estruturas definidas ficam como a seguir:

**Quadro 1 - Estrutura da música**

Atributo	Descrição
Escala	Determina a tonalidade da música
Estilo	Define o conjunto de regras de substituição a ser utilizado
Tamanho	Determina o número de compassos
Fator de Substituição	Indica a diminuição na taxa de substituição a cada iteração
Compassos	Seqüência de compassos que compõem a música

**Quadro 2 - Estrutura de um compasso**

Atributo	Descrição
Acorde	Acorde central do compasso
Duração	Duração total do compasso, em quantidade de semifusas
Notas	Seqüência de notas que compõem o compasso

**Quadro 3 - Estrutura de uma nota**

Atributo	Descrição
Duração	Duração da nota, medido em quantidade de semifusas
Tom	Determina o tom/semitom da nota. Indica se é Pausa
Altura	Complemento do Tom. Indica em qual Oitava a nota é tocada
Intensidade	Indica a intensidade da nota
TS	Taxa de Substituição da nota

### 2.1. Geração da Estrutura Inicial

Inicialmente, devem-se escolher o estilo musical, o tamanho da música, o fator de substituição e definir a escala, ou tonalidade, da música.

Em seguida, é preciso verificar a cadência para determinar os próximos compassos. Aqui, são utilizadas algumas regras musicais, referente à Cadência, para obter o acorde dos demais compassos estocasticamente a partir do estilo e tamanho desejados para a música. Neste momento, cada compasso é preenchido apenas com uma nota de altura igual à Tônica do acorde e de duração igual ao tamanho do compasso.

Após isso, é permitido ao usuário manipular a estrutura, adicionando novos compassos, ou alterando os existentes. Esta manipulação pode ser usada para gerar estruturas como refrões ou introduções.

### 3. Reescrita Musical

O processo de reescrita utiliza regras de substituição, que se baseiam em métodos adaptativos [Neto 1994] para alterar a estrutura da cadeia (seqüência de notas). Estas regras podem ser divididas em três tipos: rítmica, estrutural e de combinação.

As regras rítmicas são aquelas que alteram a duração das notas, dividindo-as em notas de menores durações, gerando pausas e manipulando a intensidade dos sons. As regras estruturais são aquelas que substituem os tons das notas por outros tons relativos, como terças, quintas ou outras, de acordo com o acorde do compasso. As regras de combinação são aquelas que ligam duas notas semelhantes em uma nota só.

Também é necessário estabelecer um critério para uso destas regras. Aqui, é utilizado o mesmo conceito de Taxa de Substituição aplicado às notas, para definir a probabilidade de uma regra ser utilizada.

Definem-se por TS<sub>r</sub>, TS<sub>e</sub> e TS<sub>c</sub>, respectivamente, as taxas de substituição para as regras rítmicas, estruturais e de combinação. Cada uma dessas taxas possui um valor entre 0 e 1, de maneira que a soma das três totalize 1. Com esta limitação, somente uma regra é utilizada a cada substituição. Em seguida, determina-se a TS para cada regra de substituição. Desta maneira, pode-se compor de um Estilo Musical, que é representado por um conjunto de regras de substituição definidas com seus respectivos pesos.

Definida a estrutura inicial da melodia, a reescrita é um processo iterativo que ocorre em cada compasso de uma vez, como descrito pelo seguinte algoritmo:

Algoritmo 1: Reescrita de um compasso

```

alteração = 1;
Enquanto (alteração = 1)
Laço: Enquanto (Compasso não terminou)
    Nota = Próxima_Nota();
    x = random1[0-1]; y = random2[0-1]; z = random3[0-1];
    Se (x > Nota.TS)
        Nota.TS = 0; Vá para Laço;
    Se (y <= TSr)
        Substituição = Ritm; Regra = Escolhe(RegrasRítmicas[],z);
    Senão Se (y <= TSr+TSe)
        Substituição = Estr; Regra = Escolhe(RegrasEstruturais[],z);
    Senão
        Substituição = Comb; Regra = Escolhe(RegrasCombinação[],z);
    Substitui(Nota, Regra);
    Nota.TS = Nota.TS * Fator de Substituição
Fim Enquanto
Se (Não houve substituição)
    alteração = 0;
Fim Enquanto

```

O processo deve ser repetido até que se atinja a estabilidade. Pode-se entender esta estabilidade pela não-ocorrência de substituições em uma dada iteração. A estabilidade acontece quando os atributos TS das notas se tornam reduzidos o suficiente, diminuindo as ocorrências de substituições. Uma vez que um compasso atingiu a estabilidade, ele é encerrado e a operação passa ao compasso seguinte.

### 3.1. Regras de substituição rítmica

As regras rítmicas substituem a estrutura rítmica da nota, fazendo sua fragmentação em notas menores, gerando pequenas alterações no atributo Intensidade, ou criando pausas. As regras rítmicas podem ser representadas pela seguinte estrutura:

$$( \text{Nota}_0 (\text{Dur}_0, \text{Tom}_0, \text{Alt}_0, \text{Int}_0, \text{TS}_0) \rightarrow \{ \text{Nota}_1 (\text{Dur}_1, \text{Tom}_1, \text{Alt}_0, \text{Int}_1, \text{TS}_1), \\ \text{Nota}_2 (\text{Dur}_1, \text{Tom}_2, \text{Alt}_0, \text{Int}_2, \text{TS}_2), \dots \\ \text{Nota}_n (\text{Dur}_1, \text{Tom}_n, \text{Alt}_0, \text{Int}_n, \text{TS}_n) \}, \text{TS}_r )$$

Onde:

$$\begin{aligned} \text{Dur}_0 &= n * \text{Dur}_1 \\ \text{Tom}_x &\in \{ \text{Tom}_0, \text{Pausa} \}, 1 \leq x \leq n \\ \text{TS}_x &= 0, \text{ se } \text{Tom}_x = \text{Pausa}; \text{TS}_x = \text{TS}_0, \text{ se } \text{Tom}_x = \text{Tom}_0 \\ \text{Int}_x &\in \{ \text{Int}_0 - 1, \text{Int}_0, \text{Int}_0 + 1 \}, 1 \leq x \leq n \\ \text{TS}_r &\text{ é a taxa de substituição da regra} \end{aligned}$$

### 3.2. Regras de substituição estrutural

As regras estruturais alteram o tom da nota por outro tom do acorde, levando em conta, principalmente, o estilo de música escolhido. Como a Altura se relaciona diretamente com o tom da nota, as regras estruturais também permitem a alteração deste atributo.

$$(Nota_0 (Dur_0, Tom_0, Alt_0, Int_0, TS_0) \rightarrow Nota_1 (Dur_0, Tom_1, Alt_1, Int_0, TS_0), TS_r)$$

Onde:

$$Tom_1 = \text{Função}(Tom_0, \text{Acorde})$$

$$Alt_1 \in \{Alt_0 - 1, Alt_0, Alt_0 + 1\}$$

Função(Tom, Acorde) é uma função que devolve uma nota relativa ao tom, dentro do Acorde especificado.

### 3.3. Regras de substituição de combinação

As regras de combinação são utilizadas para unir duas notas consecutivas que tenham o mesmo tom e altura, criando uma única nota, de mesmo tom e altura e com duração igual à soma das anteriores. Para isso, é necessário fazer a comparação com a nota imediatamente anterior. Utilizando um Autômato Finito Adaptativo, podemos fazer de forma natural esta verificação. [Neto e Pariente 2002]

$$(\{Nota_0 (Dur_0, Tom_0, Alt_0, Int_0, TS_0), \\ Nota_1 (Dur_1, Tom_0, Alt_0, Int_1, TS_1)\} \rightarrow Nota_2 (Dur_2, Tom_0, Alt_0, Int_2, TS_2), TS_r)$$

Onde:

$$Dur_2 = Dur_0 + Dur_1$$

$$Int_2 \in \{Int_0, Int_1\}$$

$$TS_2 \in \{TS_0, TS_1\}$$

## 4. Conclusões

Muitos estudos sobre computação evolutiva aplicada a música se restringem a apenas algumas das propriedades do som, como apenas a altura [Neto e Basseto 1999], a estrutura rítmica [Gimenes, Miranda e Johnson 2005]. Este trabalho propôs a criação de um sistema compositor de melodias utilizando regras estocásticas e adaptativas, que trabalhe as três propriedades do som simultaneamente, e permita a composição automática de linhas melódicas baseadas em regras pré-definidas, utilizando os padrões de linguagem musical conhecidos.

## Referências

- [Neto 1994] Neto, J. J. "Adaptive Automata for Context - Sensitive Languages" SIGPLAN NOTICES, Vol. 29, n. 9, pp. 115-124, September, 1994.
- [Neto e Pariente 2002] Neto, J. J. and Pariente, C. A. B. "Adaptive Automata - a Revisited Proposal" CIAA 2002, 2002, Vol.2608, July 3-5, Springer-Verlag, 2002, pp. 158-168
- [Neto e Basseto 1999] Neto, J. J. e Basseto, B. A. "A Stochastic Musical Composer Based on Adaptive Algorithms." SBC&M99, Rio de Janeiro, 1999.
- [Gimenes, Miranda e Johnson 2005] Gimenes, M., Miranda, E. R. e Johnson C. "A Memetic Approach to the Evolution of Rhythms in a Society of Software Agents" SBCM, 10º Simpósio Brasileiro de Composição Musical, pp. 13-23, Outubro, 2005.