

# Descoberta Automática de Conhecimento em Interpretações Musicais: Microandamento e Microdinâmica

Fúlvio Figueirôa Silvestre , Raphael Freire de O. Holanda , Geber Lisboa Ramalho

Centro de Informática – Universidade Federal de Pernambuco  
Caixa Postal 7851 – 50740-540 Recife, PE

{ffs, rfoh, glr}@cin.ufpe.br

**Abstract.** *It is known that music expressive performance is closely related to slight deviations in time and dynamics [Widmer e Goebel, 2004]. Although these deviations occur according to the musician interpretation knowledge, it is hard to capture this knowledge by musician verbalization. The “Um país um violão<sup>1</sup>” project aims to study the expressive music performance in Brazilian Popular Music, Bossa Nova Guitar in particular, by using computers to analyze performances of human musicians. Previous works were focused on automatically indentifying rhythm patterns [de Lima, 2007]. The work presented here analyzes patterns of Microtiming and Microdynamic in bossa nova guitar interpretation. The first results are promising, since they provide evidences of the discovery of novel ethnomusicological knowledge concerning bossa nova guitar.*

**Resumo.** *Sabe-se que a interpretação expressiva da música, traduz-se, entre outras, em pequenos desvios de tempo e dinâmica [Widmer e Goebel, 2004]. Embora, esses desvios ocorram de acordo com o conhecimento do intérprete, é bastante difícil capturar este conhecimento interpretativo via verbalização do músico. O projeto “Um país um violão” tem como objetivo estudar a Expressividade Musical no âmbito da Música Popular Brasileira, em especial o violão de Bossa Nova. Trabalhos anteriores [de Lima, 2007] estavam focados em descobrir automaticamente padrões rítmicos. O trabalho aqui apresentado analisa os fenômenos do Microandamento e da Microdinâmica na interpretação violonística da bossa nova. Os primeiros resultados dão indícios da descoberta de novos conhecimentos etnomusicológicos acerca do violão de bossa nova.*

## 1. Introdução

Nos últimos anos, vem-se estudando, com o auxílio do computador, como um intérprete (músico) executa de forma expressiva uma determinada peça ou canção [Zanon e Widmer, 2003, Goebel et al., 2004, Widmer, 2001]. Sabe-se que a interpretação expressiva da música traduz-se, entre outras, em pequenos desvios de tempo e dinâmica que não estão explicitamente anotados em uma partitura, grade de acordes, tablatura, etc. Costuma-se dar o nome de *microtiming* [Gouyon, 2007, Wright e Berdahl, 2006] (que chamaremos de microandamento) os desvios no tempo, em que as notas são tocadas alguns milissegundos antes ou depois do previsto no andamento normal. Além desse fenômeno, estudaremos aqui o que chamamos de microdinâmica, a saber, os desvios não explicitamente anotados que ocorrem nas intensidades das notas tocadas.

Embora esses desvios ocorram de acordo com o conhecimento do intérprete, é bastante difícil capturar esse conhecimento interpretativo via verbalização, em um processo

<sup>1</sup>“a country, a guitar”, a reference to “Corcovado” lyrics (by Tom Jobim)

clássico de aquisição de conhecimento. A descoberta desse conhecimento é importante por duas razões básicas: (a) a explicitação das “regras” de interpretação permite uma melhor formação dos músicos, em particular, nos estilos musicais em que a tradição oral prevalece, onde há pouca notação, como é o caso das grades de acordes ou assemelhados encontrados nos livros da música popular brasileira [Chediak, 1994]; (b) tais “regras” podem ser utilizadas para que um computador seja capaz de interpretar uma peça ou canção com expressividade similar à de um músico humano.

Nesse contexto, o computador torna-se um instrumento indispensável para analisar esse tipo de fenômeno. De fato, o computador pode identificar desvios dificilmente mensuráveis pelo ouvido humano e realizar uma análise mais detalhada e com uma objetividade que as pessoas, na maioria das vezes, não conseguem atingir.

Atualmente, existe uma área de estudos que cuida justamente dessas características, chamada de expressividade musical. Essa área vem sendo estudada por várias disciplinas, como a psicologia e a computação musical. Na psicologia, esse estudo se dá através de percepções do ouvinte e intenções do intérprete. Já na computação musical, isso ocorre por meio da análise minuciosa de logs de interpretações de intérpretes humanos.

A maior parte do trabalho atualmente feito em computação musical, nessa área de interpretação expressiva, tem como foco a música clássica e o piano [Zanon e Widmer, 2003]. Existem pouquíssimos [Gouyon, 2007] sobre expressividade no domínio da música não-clássica e, praticamente, nada no caso do violão popular brasileiro, que é um dos seus principais ícones.

Trabalhos anteriores de nosso grupo de pesquisa no contexto do projeto “Um país um violão” [de Lima, 2007] estavam focados em descobrir automaticamente padrões rítmicos. O trabalho aqui apresentado analisa os fenômenos do microandamento e da microdinâmica na interpretação violonística da bossa nova. Os primeiros resultados dão indícios de novos conhecimentos etnomusicológicos sobre o violão de bossa nova.

## 2. Expressividade Musical

Em uma peça musical ou canção, características como altura, duração, variação no tempo, intensidade e timbre não fazem parte apenas da estrutura musical, mas demonstram também a intenção do intérprete e a forma subjetiva e pessoal de como cada músico executa uma partitura. O estudo da expressividade musical é de extrema importância para uma melhor análise dessas características. Esse estudo tem levado diversos pesquisadores, tanto no âmbito da computação musical como da psicologia, a descobrirem fatos relevantes, a partir dos quais, podemos utilizá-los para aprimorar, por exemplo, o ensino musical [Sundberg et al., 1991]. Com o advento dos computadores, foi possível realizar uma análise um tanto minuciosa, feita através de inúmeras pesquisas neste tema e com resultados bastante interessantes. Esse trabalho aborda duas importantes características da expressividade musical: microandamento (do inglês *microtiming*) e microdinâmica (do inglês *microdynamic*) no âmbito do violão popular e, mais especificamente, da bossa nova, tratando-se portanto, de um estudo inédito no ritmo citado.

Embora os primeiros estudos tenham sido no final do século XIX, somente a partir do século XX, com o surgimento de inovações tecnológicas - em especial a computação científica - foi permitida uma análise mais precisa e de um conjunto maior de dados, fazendo com que as pesquisas em expressividade musical produzissem melhores e mais confiáveis resultados.

Diante desses primeiros estudos, já foram constatadas importantes variações, não

apenas no que diz respeito ao comportamento do instrumentista perante a obra que executa, mas também, frente aos mecanismos de percepção envolvidos na escuta.

Alguns importantes estudos sobre expressividade comprovam o que foi exposto anteriormente. Sundberg e seus colegas [Sundberg et al., 1991] buscaram identificar parâmetros acústicos envolvidos em uma performance musical, com a finalidade de quantificar as pequenas e grande variações de tempo, dinâmica, timbre e afinação. Essas variações formam a microestrutura de uma performance e diferenciam performances distintas da mesma partitura [Palmer, 1997]. Uma vez quantificadas essas variações, o passo seguinte seria entender onde reside o impacto emocional de uma execução e como esse impacto é conduzido.

Um importante grupo de pesquisa nessa área é o Instituto de Pesquisa *Österreichisches Forschungsinstitut für Artificial Intelligence* - ÖFAI - de Viena, liderado por Gerhard Widmer, que desenvolveu um modelo baseado em técnicas de *machine learning* e *data mining*, para o reconhecimento automático de padrões de parâmetros descritores de expressividade musical em um grande volume de dados. O modelo reconheceu execuções dos artistas: Rubisntein, Maria João Pires, Horowitz e Maurizio Pollini [Widmer et al., 2003], [Zanon e Widmer, 2003], [Goebel et al., 2004]. O modelo proposto se mostrou bastante eficaz na descrição e quantificação de uma performance de forma objetiva, tanto de músicos profissionais como estudantes.

O que objetivam esses grupos de pesquisas é basicamente responder as seguintes questões: existem princípios explicáveis e quantificáveis que governam a expressividade de uma performance?; Em que medidas e até que ponto são aceitáveis performances executadas em uma música?; Quais são os princípios cognitivos que governam a execução (no intérprete) e a percepção (no ouvinte) na expressividade musical?; E, por fim, como isso é feito e com qual experiência musical? [Widmer, 2001]. Nosso estudo tenta buscar respostas para as duas primeiras questões, particularmente tratando o ritmo da bossa nova nas dimensões de tempo e dinâmica.

Os primeiros estudos sobre dinâmica surgiram no final do século XIX. [Binet e Courtier, 1895] conseguiram registrar a força com que era pressionada a tecla de um piano. Para isso, utilizaram um pequeno tubo de borracha posicionado embaixo das teclas. À medida que essas teclas eram pressionadas, pulsos de ar formados pelo tubo controlavam uma agulha que registrava a ação em um papel em movimento. Com isso, foi possível investigar a execução de trinados, acentos e variações de dinâmica. Esse estudo possibilitou identificar padrões de ações conduzidas por pianistas para realizar gestos expressivos, como por exemplo, um acento, pois além de imprimir maior tensão na tecla acentuada, o intérprete toca a nota precedente mais destacada e a nota acentuada um pouco alongada e mais ligada à nota seguinte [Gabrielsson, 1999]. Em 1898, [Ebhardt, 1898] publicou um estudo onde ele utilizava dispositivos eletromecânicos para registrar o pressionamento das teclas do piano que assim como [Binet e Courtier, 1895], também identificou alongamentos em notas acentuadas.

Estudos sobre microandamento tiveram início no mesmo período que os estudos de microdinâmica, já que ambos são subconjuntos da expressividade musical, entretanto, ao longo destes anos a maioria dos pesquisadores sempre procurou dar uma maior ênfase a análise de microandamento, pois consideram os resultados mais significativos do ponto de vista do estudo da expressividade musical.

Microandamento deve consistir em pequenas, mas, significantes, variações do exato momento em que a nota deve ser executada, sem contudo, fazer com que a música perca sua corretude. Esses desvios são facilmente identificados por um leigo quando, por exemplo, um computador realiza uma performance com os tempos executados no mo-

mento exato (sem microdesvios). Nesse caso, percebe-se claramente a forma mecânica com que a máquina toca. Frequentemente, esses microdesvios são classificados inapropriadamente como discrepância, ruídos ou imprecisões. No entanto, diversos estudos dedicam-se a cobrir essas, assim chamadas, “imprecisões”, as quais transmitem informações sobre a estrutura musical, mas também provêm uma janela sobre a representação cognitiva da música.

Sears, em 1902 [Sears, 1902], publicou um dos primeiros estudos em microandamento, onde, utilizando também dispositivos eletromecânicos, mediu variações na duração de notas de mesmo valor, na duração de compassos e nas proporções entre durações de notas de valores distintos tocados por organistas [Gabrielsson, 1999]. [Sundberg e Verrillo, 1980] propuseram que cada intérprete segmenta as frases de uma mesma partitura individualmente, delimitando o início e o final das mesmas a partir de desvios de tempo. Posteriormente, [Todd, 1985], propôs um modelo computacional para os desvios temporais que enfatizam a hierarquia das frases musicais. Esse modelo estabelece relações entre variações de tempo de performance e o comportamento de um corpo em movimento utilizando equações de cinemática [Todd, 1995]. Já [Clynes, 1995], formalizou padrões de variação de tempo relacionado a compositores específicos.

Dois estudos importantes foram publicados recentemente sobre o jazz: [Freeman e Lacey, 2002] identificaram janelas de 30 milissegundos ao redor de uma batida, enquanto que [Friberg e Sundström, 2002], caracterizaram um padrão longo/curto de colcheias que proporciona o swing do jazz.

Os estudos que analisamos aqui apontam para a existência de padrões de microandamento e microdinâmica na música clássica. Sendo assim, partimos do pressuposto que existem padrões também na bossa nova e a questão, então, passa a ser como e onde observar tais padrões.

Conforme observamos até o momento, a maioria dos estudos sobre microandamento e microdinâmica estão voltados para a música clássica e, principalmente, para o piano. No âmbito da música popular brasileira, não encontramos análises que fizessem alusão à microdinâmica. Entretanto, podemos citar dois importantes estudos de microandamento: Fabien Gouyon [Gouyon, 2007] estudou o microandamento em Samba de Roda, Matthew Wright e Edgar Berdahl [Wright e Berdahl, 2006] realizaram estudos percursivos em nove ritmos brasileiros. Importante observar que o foco desses estudos foi o ritmo, mas tocado por instrumentos percussivos.

A maioria dos trabalhos que estuda microandamento e microdinâmica se propõe a tentar descobrir características a cada unidade de tempo (semínima). Desta forma, podemos fazer o seguinte questionamento: dado que a bossa nova é composta de frases, onde cada frase possui dois compassos de dois tempos cada compasso, existe alguma semelhança entre a análise feita na semínima e a análise feita na frase? E no caso de observarmos também o compasso individualmente, existe alguma característica comum com as análises anteriores?

### 3. Método adotado

Na seção anterior, descrevemos o estado da arte sobre pesquisas em expressividade musical, onde observamos que existem importantes estudos neste sentido abordando os mais variados ritmos e instrumentos, assim como as mais variadas características. Entretanto, o ritmo (bossa nova) e o instrumento (violão) escolhidos por nós, tornam inéditos os estudos de microandamento e microdinâmica nesses aspectos de uma performance. A partir de agora, falaremos um pouco sobre o modelo por nós proposto para resolução do problema

descrito acima.

### 3.1. Corpus Analisado

Para fazer a análise da expressividade musical, é importante, primeiramente, capturar os dados da canção a ser analisada. Há, basicamente, duas maneiras de realizar essa captura de dados: (a) diretamente do áudio, onde se tem a canção de forma fiel como foi executada, porém a extração de informação simbólica, mais facilmente manipulável pelo computador, pode ser bastante complexa; (b) por meio de instrumentos MIDI, que já fornecem uma saída simbólica (em formato MIDI), porém exige do pesquisador que ele disponha de tais instrumentos. Essa segunda forma foi a escolhida no projeto por já fornecer diretamente o que precisávamos e por já dispormos de um violão MIDI. De toda forma, junto com a captura MIDI, também foi gravado, ao mesmo tempo, o áudio dessas canções para uma eventual necessidade futura.

Havia, porém, dúvidas quanto a confiabilidade da captura via um violão MIDI, principalmente no que diz respeito à dimensão temporal, de cuja precisão depende a análise de microandamento. Foi realizado um estudo comparativo entre a detecção de ataques indicada pelo violão MIDI e algoritmos de detecção de ataque aplicado ao áudio gravado simultaneamente à captura MIDI [Júnior, 2006]. Os resultados mostraram que não havia diferença estatisticamente relevante entre os dois, concluindo que a informação de detecção de ataque do violão MIDI é tão confiável quanto o que se pode obter hoje a partir do áudio.

Para que as gravações ocorressem da forma mais natural possível, não foi utilizado nenhum tipo de metrônomo, deixando assim o intérprete livre quanto a sua expressividade. Em contrapartida, criou-se a necessidade de serem adicionados marcos a partir dos quais as análises deveriam ser feitas. Foi então, que [de Lima, 2007] inseriu os *beat trackings* ou pulsações. Essa estrutura métrica foi inserida nas obras baseada no aplicativo *BeatRoot*, criado por [Dixon, 2001], que é uma ferramenta de indução de pulsação e funciona de maneira interativa, mesmo em canções onde existem grandes e bruscas mudanças no andamento. Primeiro, o sistema induz as suas pulsações da obra em análise para, em seguida, o usuário poder ouvir os resultados, corrigindo eventuais imprecisões, como, por exemplo, pulsos que foram induzidos erroneamente.

Outra característica importante, que a base de dados possui, é que a mesma encontra-se livre de ruídos. Chamou-se ruídos, eventos estranhos que ocorreram nas canções, por exemplo, eventos onde o *velocity*<sup>2</sup> é desprezível, ou eventos impossíveis de acontecerem num violão devido à anatomia das mãos, entre outros. Esses eventos foram limpos primeiramente por [de Lima, 2007]. No entanto, ele encontrou alguns problemas, alguns dos quais foram corrigidos posteriormente por [Scholz, 2008]. Esse processo de limpeza de dados foi de extrema importância para nosso trabalho, já que, com os dados corrigidos, pôde-se voltar as atenções para parte de análise.

Saindo um pouco das características técnicas de armazenamento, e devido ao foco do projeto ser o estudo da bossa nova, os intérpretes selecionaram algumas canções de João Gilberto de seus respectivos repertórios e ficaram livres para executá-las de acordo com sua expressividade, seguindo apenas as cifras previamente fornecidas.

A Tabela 1 mostra em ordem alfabética quais canções foram gravadas e por quem:

---

<sup>2</sup>**Velocity:** é um atributo dos eventos MIDI que indica a intensidade com que um evento deve ser executado. Equivale a força com que a nota é tocada pelo intérprete nos arquivos capturados por violões MIDI.



Canções	Intérprete 1	Intérprete 2
A Felicidade	X	
Bim Bom		X
Chega de Saudade	X	
Corcovado	X	
Desafinado	X	
Eu Sei Que Vou Te Amar	X	
Garota de Ipanema	X	X
Insensatez	X	X
O Barquinho		X
Samba De Uma Nota Só	X	
Só Danço Samba		X
Tarde em Itapoã	X	
Wave	X	X

Tabela 1: Gravações

Com base na tabela acima, observa-se que foram gravadas canções diferentes pelos intérpretes, mas também, que a mesma canção foi gravada por ambos em três ocasiões: Garota de Ipanema, Insensatez e Wave. Isso foi feito propositalmente para aumentar a robustez da análise. Verificou-se, também, que foram gravadas dezesseis canções, com uma média de dois minutos por cada canção, o que nos dá um universo bastante razoável de dados a serem analisados.

### 3.2. Implementação

Nesta seção, iremos analisar a forma como foi codificada a solução do problema, demonstrando o algoritmo (Figura 1) que foi utilizado para realizar os estudos sobre microandamento e microdinâmica no âmbito da bossa nova.

```

para cada arquivo faça:
  obtenha os beat tracking //eventos da trilha 7
  obtenha os eventos midi das demais trilhas // trilhas 1..6
  para cada uma das trilhas faça:
    obtenha os elementos da trilha corrente
    para cada um dos beat tracking faça:
      calcule o intervalo entre o beat tracking atual e o próximo
      divida o intervalo em 4 partes iguais
      para cada um dos eventos da trilha corrente que estão no intervalo
      calculado faça
        classifique o evento em uma das coleções: tempo,
        primeiraSemi, colcheia, segundaSemi de acordo com o
        intervalo de quatro partes iguais
        crie um objeto com as coleções preenchidas e uma indicação dizendo
        à que tempo aquele objeto pertence
    calcule as frequências de ocorrência de eventos nas coleções
    calcule as médias de microdinâmica nas coleções
    calcule as médias dos desvios de microandamento nas coleções

```

Figura 1: Algoritmo de Microandamento e Microdinâmica

Com o objetivo de facilitar o entendimento do algoritmo da Figura 1, será demonstrado um exemplo prático do funcionamento do mesmo. Esse exemplo consiste no início da canção Barquinho tocado pelo intérprete 1 (dois primeiros tempos). A Figura 2 exemplifica o algoritmo.

$$003 \rightarrow 025 \leftarrow \underline{047} \rightarrow 069 \leftarrow \underline{091} \rightarrow 113 \leftarrow \underline{135} \rightarrow 157 \leftarrow \mathbf{180} \quad (1)$$

$$\mathbf{180} \rightarrow 201 \leftarrow \underline{222} \rightarrow 243 \leftarrow \underline{264} \rightarrow 285 \leftarrow \underline{306} \rightarrow 328 \leftarrow \mathbf{350} \quad (2)$$

**Figura 2: Exemplo da segmentação de dois tempos de Barquinho**

Em **negrito**, temos os *beat tracking* ou cabeças (em *ticks*) correspondentes à esses dois tempos (**003-180**: primeiro tempo; **180-350**: segundo tempo). Esses valores dos *beat tracking* foram obtidos por [de Lima, 2007] conforme explicado anteriormente. Já a parte em *itálico sublinhada*, corresponde aos valores da 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> semicolcheias respectivamente e foram obtidos de acordo com a divisão binária proposta neste trabalho, ou seja, dividiu-se o tempo em 4 partes iguais (**180-003**)/4 que, truncado, corresponde a 44. Desta forma, temos a 2<sup>a</sup> semicolcheia igual a  $003+44=\underline{047}$ , a 3<sup>a</sup> semicolcheia igual a  $047+44=\underline{091}$  e a 4<sup>a</sup> semicolcheia igual a  $091+44=\underline{135}$ . O mesmo procedimento é feito para o segundo tempo (**350-180**)/4, onde obtêm-se os valores: 222, 264 e 306. Todos esses valores correspondem ao exato momento em que as notas deveriam ser tocadas no caso de uma execução totalmente mecânica.

No entanto, para classificar os eventos como pertinentes à uma das coleções (cabeça, 2<sup>a</sup> semicolcheia, 3<sup>a</sup> semicolcheia ou 4<sup>a</sup> semicolcheia) dividiu-se ao meio a distância entre duas coleções adjuntas e classificou-se os eventos como pertencentes à uma dada coleção de acordo com a localização do evento nessa divisão. Por exemplo, dividindo ao meio as seguintes coleções do primeiro tempo: 2<sup>a</sup> semicolcheia (047) e 3<sup>a</sup> semicolcheia (091) temos  $(091-047)/2=22$ , ou seja, os eventos menores que  $047+22=069$  e maiores ou iguais a 025 (025 é o valor da divisão ao meio das coleções adjacentes cabeça e 2<sup>a</sup> semicolcheia) serão classificados como pertencentes ao conjunto 2<sup>a</sup> semicolcheia, os eventos maiores ou iguais a 069 e menores que 113 (113 é o valor da divisão ao meio das coleções adjacentes 3<sup>a</sup> semicolcheia e 4<sup>a</sup> semicolcheia) serão classificados na 3<sup>a</sup> semicolcheia e assim sucessivamente. Toda essa classificação acima faz parte apenas do primeiro tempo, no entanto, essa mesma lógica passa a valer para os demais tempos.

Desta forma, ao final da primeira parte do algoritmo, teremos uma coleção de objetos que contém as seguintes informações: eventos ocorridos no tempo, eventos ocorridos na primeira semicolcheia, eventos ocorridos na segunda semicolcheia e eventos ocorridos na terceira semicolcheia. De posse desses dados, calcularemos as frequências de ocorrência dos mesmos, bem como as médias de microdinâmica e as médias dos desvios de microandamento de acordo com alguns experimentos, como: calcular as médias tempo à tempo, calcular as médias compasso à compasso e, por fim, calcular as médias frase à frase.

#### 4. Resultados

Foram analisados alguns clássicos da bossa nova (Tabela 1) tocadas por dois intérpretes, onde a única exigência foi tocar as canções seguindo cifras previamente fornecidas. A partir da análise das execuções, tentamos responder as seguintes questões: (a) há padrões de microdinâmica e microandamento? Em outras palavras, as variações de tempo e intensidade esboçam algum padrão? (b) ao estudar as variações de microdinâmica e microandamento deve-se utilizar qual janela de tempo: a unidade de tempo, o compasso ou a frase (que dura dois compassos)? Em outras palavras, tais variações sofrem influência da frase ou não?

É importante entender que a questão da janela de tempo da análise envolve uma

questão mais sutil e importante: quando o músico executa (intuitivamente) as variações de microandamento e microdinâmica, ele é influenciado pela noção de frase, que representa um dos elementos-chave da estrutura musical?

Para isso, fez-se necessário um comparativo dos gráficos de análise por frase, por compasso e por tempo. Sabendo-se que, na bossa nova, a frase é formada por dois compassos e o compasso é formado por dois tempos, os gráficos mostrados a seguir correspondem a duração de uma frase (quatro tempos). Com o intuito de superpor as informações para melhor visualizar a análise, foi preciso duplicar as informações da análise por compasso (para corresponder a 4 tempos) e quadruplicar as informações da análise por tempo. Os gráficos comparativos gerados, então, são divididos em quatro tempos e demonstram os valores (tomando a média total das notas tocadas no corpus para cada intérprete) dos microdesvios de tempo (Figuras 3 e 4) e de intensidade (Figuras 5 e 6). Cada tempo, como dito anteriormente, é dividido por quatro, sendo composto pela cabeça (T), 2ª semicolcheia (2ª semic.), 3ª semicolcheia (3ª semic.) e 4ª semicolcheia (4ª semic.).

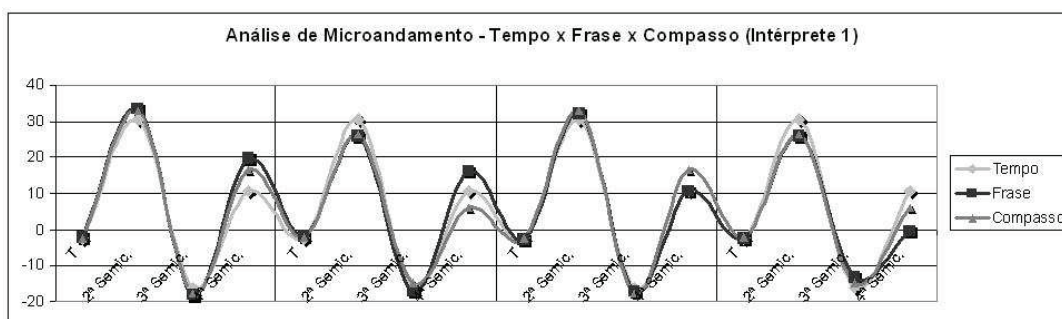


Figura 3: Análise de Microandamento: Tempo x Frase x Compasso (Intérprete 1)

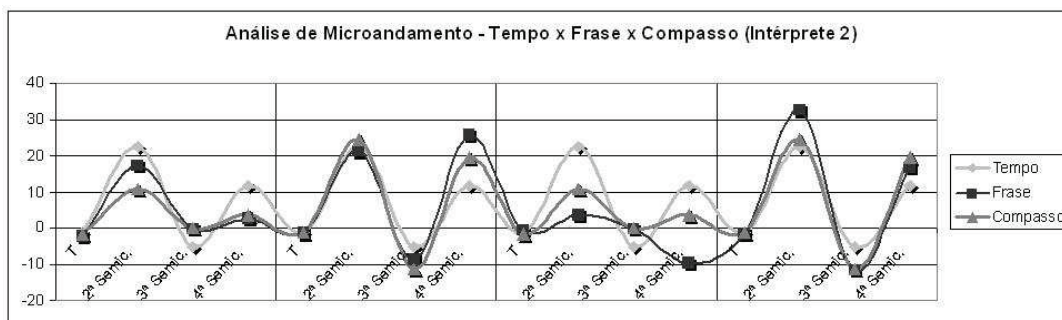


Figura 4: Análise de Microandamento: Tempo x Frase x Compasso (Intérprete 2)

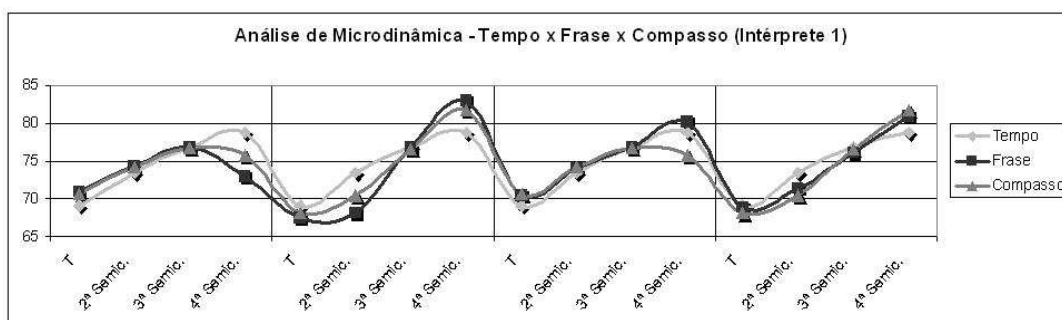
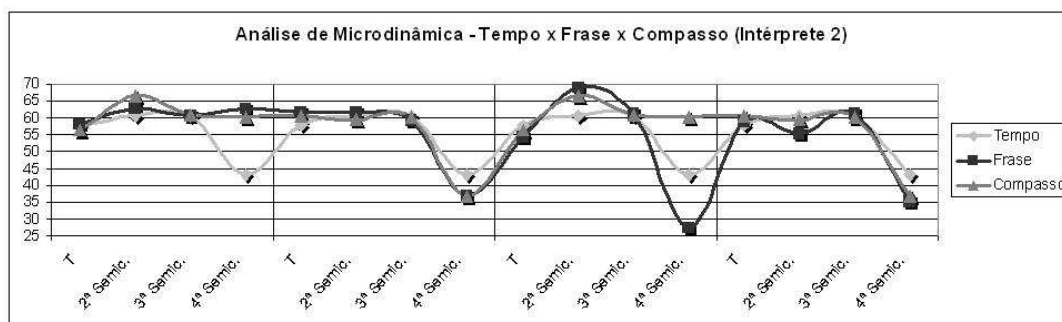


Figura 5: Análise de Microdinâmica: Tempo x Frase x Compasso (Intérprete 1)





**Figura 6: Análise de Microdinâmica: Tempo x Frase x Compasso (Intérprete 2)**

Tendo em vista a primeira questão que buscávamos investigar, pode-se dizer que independentemente da janela de análise adotada e do intérprete em questão, emergem padrões de variação tanto do microandamento (na forma de um “M”) quanto da microdinâmica (esses últimos mais complexos). Em outras palavras, as notas não são tocadas com igual microdesvio de tempo ou de intensidade. Dependendo de onde a nota ocorre, ela terá um microdesvio relativamente predefinido e diferente.

Quanto à questão da janela de tempo da análise, ou da influência da frase, deve-se estudar cada figura. Na Figura 3, observa-se que as diferenças (5ms a 10ms) entre janelas de análise acontecem sobretudo na última semicolcheia dos tempo. Pode-se erroneamente achar que essas diferenças são globalmente desprezíveis, mas observando atentamente a forma da curva das medidas dentro da “frase”, fica claro que essa forma muda do primeiro tempo para o segundo, do segundo para o terceiro e do terceiro para o último. Igualmente, comparando-se a forma da curva da frase no primeiro compasso (tempos 1 e 2) com a do segundo compasso (tempos 3 e 4), também uma diferença aparece. Portanto, mesmo se de forma relativamente discreta, a frase parece ter uma influência na forma de executar as microvariações de tempo e intensidade para o intérprete 1.

Já na Figura 4, correspondente ao segundo intérprete, as diferenças saltam aos olhos, dispensando uma análise mais minuciosa.

Considerando agora a análise de microdinâmica, embora representem formas diferentes, tanto no primeiro quanto no segundo intérprete, há clara diferenças entre as variações de tempo e intensidade segundo a janela de tempo escolhida.

## 5. Conclusão

Apresentamos um trabalho original sobre a abordagem violonística da bossa nova focado no estudo das pequenas variações de tempo e intensidade, respectivamente microandamento e microdinâmica. Essas duas variações são importantes, pois estão intimamente relacionadas à expressividade musical, que no caso do violão brasileiro é comumente associada a adjetivos como “molho”, “levada”, “groove”, “swing”.

Primeiramente, os experimentos mostraram que em ambos os intérpretes estudados, independentemente da janela de análise adotada, emergem padrões de variação do microandamento quanto da microdinâmica. Particularmente no microandamento, aparecem curvas em forma de “M” indicando um “sobe e desce” ou “vai e vem” na maneira de desviar-se no tempo, alternando entre “*ahead the beat*” e “*behind the beat*”. É um padrão curioso, já que ao jazz normalmente a tendência é estar majoritariamente “*behind the beat*”. Este resultado, apesar de precisar ser confirmado com um maior número de intérpretes, já representa um indício de conhecimento musicológico novo para o violão de bossa.

Quanto à questão da janela de análise, nos dois casos analisados, ficou clara a influência da noção de frase nas variações de microdinâmica. No caso do microandamento, a influência mostrou-se mais discreta no primeiro intérprete, porém bastante significativa no segundo. De forma geral, os experimentos reforçam a hipótese de que as variações de microandamento e microdinâmica dentro de uma frase não são as mesmas quando usada uma janela de análise com nível de granularidade menor (unidade de tempo e compasso). No entanto, uma conclusão definitiva sobre a questão vai depender da realização de captura e análise de outros intérpretes.

Se essa influência for confirmada, será uma grande novidade não só pelo que isso representa em termos de conhecimento etnomusicológico do violão de bossa, mas por representar um outro paradigma de análise. De fato, a literatura que estuda microandamento e microdinâmica costuma trabalhar com uma janela de análise de uma unidade de tempo, desconsiderando a dimensão estrutural da música, formada pelas frases, sessões, etc.

Estamos atualmente trabalhando na análise da influência dos (macro) padrões rítmicos no microandamento e microdinâmica. Os resultados preliminares mostram influência ainda mais forte do que no caso da frase. Confirmando-se tais resultados, haverá uma indicação de que aquilo que chamamos de padrão musical, formas recorrentes na música, tem várias dimensões, entre elas: um tempo macroscópico, um microandamento, uma microdinâmica, etc.

## Referências

- Binet, A. e Courtier, J. (1895). Recherches graphiques sur la musique. *L'Annee Psychologique*, 2:201–222.
- Chediak, A. (1994). *Songbook Bossa Nova*, volume 5. Lumiar.
- Clynes, M. (1995). Microstructural musical linguistics: Composer's pulses are liked by the best musicians. *Cognition*, 55:269–310.
- de Lima, E. T. (2007). *Descoberta Automática de Conhecimento em Interpretações Musicais: O Caso do Acompanhamento Rítmico ao Violão*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Pernambuco.
- Dixon, S. (2001). Automatic extraction of tempo and beat from expressive performances. *Journal of New Music Research*, 30:39–58.
- Ebhardt, K. (1898). Zwei beiträge zur psychologie des rhythmus und des tempos. *Zeitschrift für Psychologie und Physiologie des Sinnesorgane*, 18:99–154.
- Freeman, P. e Lacey, L. (2002). Swing and groove: Contextual rhythmic nuance in live performance. Em *Proceedings of the 7th International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC7)*, Sydney.
- Friberg, A. e Sundström, J. (2002). Swing ratios and ensemble timing in jazz performances: Evidence for a common rhythmic pattern. *Music Perception*, 19(3):333–349.
- Gabrielsson, A. (1999). Music performance. Em Deutsch, D., editor, *Psychology of Music*, pp. 501–602, San Diego. Academic Press.
- Goebel, W., Pampalk, E., e Widmer, G. (2004). Exploring expressive performance trajectories: Six famous pianists play six chopin pieces. Em *Proceedings of the 8th International Conference on Music Perception and Cognition (ICMPC8)*, Evanston, pp. 505–509. Adelaide.
- Gouyon, F. (2007). Microtiming in "samba de roda- preliminary experiments with polyphonic audio. Em *Proceedings of the Brazilian Symposium on Computer Music*.

- Júnior, R. C. S. N. (2006). Extração de informação simbólica de Áudio: Algoritmos de reconhecimento de onsets. Technical report. Trabalho de Conclusão de Curso.
- Palmer, C. (1997). Music performance. *Annual Review of Psychology*, 48:115–138.
- Scholz, R. (2008). Cochonut: Um processo para reconhecimento de acordes em seqüências capturadas por violões midi. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Pernambuco.
- Sears, C. H. (1902). A contribution to the psychology of rythm. *American Journal of Psychology*, 13:28–61.
- Sundberg, J., Friberg, A., e Frydén, L. (1991). Common secrets of musicians and listeners: An analysis-by-synthesis study of musical performance. Em Howell, P., West, R., e Cross, I., editores, *Representing Musical Structure*, pp. 161–197, London. Academic Press.
- Sundberg, J. e Verrillo, V. (1980). On the anatomy of the ritard: A study of timing in music. *Journal of the Acoustical Society of America*, 68:772–779.
- Todd, N. P. M. (1985). A model of expressive timing in tonal music. *Music Perception*, 3:33–58.
- Todd, N. P. M. (1995). The kinematics of musical expression. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 97(3):1940–1949.
- Widmer, G. (2001). Using ai and machine learning to study expressive music performance: project survey and first report. *AI Commun.*, 14(3):149–162.
- Widmer, G., Dixon, S., Goebel, W., Pampalk, E., e Tobudic, A. (2003). In search of the horowitz factor. *AI Mag.*, 24(3):111–130.
- Widmer, G. e Goebel, W. (2004). Computational models of expressive music performance: The state of the art. *Journal of New Music Research*, 33(3):203–216.
- Wright, M. e Berdahl, E. (2006). Towards machine learning of expressive microtiming in brazilian drumming. Em *Proceedings of the 2006 International Computer Music Conference*, pp. 572–575, New Orleans, LA.
- Zanon, P. e Widmer, G. (2003). Learning to recognize famous pianists with machine learning techniques. Em *Proceedings of the 3rd Decennial Stockholm Music Acoustics Conference (SMAC'03)*, Stockholm, Sweden.

