

**O ENSINO DE MATEMÁTICA COM INTEGRAÇÃO DE
RECURSOS DIGITAIS: um olhar sobre aulas à luz da
Orquestração Instrumental**
*TEACHING MATHEMATICS WITH DIGITAL
RESOURCES: an analysis of classes from the viewpoint of
the instrumental orchestration*

Rosilângela Lucena¹

Verônica Gitirana²

Luc Trouche³

RESUMO

Tendo como base a análise de duas aulas, retratadas em vídeo e em história em quadrinhos, este artigo discute a Orquestração Instrumental como um modelo teórico que serve como ferramenta para entender a atividade do professor para integrar recursos digitais em sua prática, tendo de organizar artefatos, sujeitos, tempo, ambiente em torno de uma situação matemática em sua sala de aula. A análise foca-se nas propriedades das quatro operações básicas a serem ensinadas em uma aula graças às tabelas de dupla entrada, articuladas com a linguagem algébrica. A discussão teve lugar em uma turma de mestrado com uma professora e sete estudantes. A análise foca diferentes elementos do modelo e traz à tona um novo conceito para o modelo, as reações ad hoc dos estudantes em eventos imprevistos.

Palavras-chave: *orquestração instrumental; reação ad hoc; história em quadrinhos; propriedades das operações; gênese instrumental.*

1. Doutoranda do EDUMATEC-UFPE. E-mail: rosi.lucenase@gmail.com.

2. Professora do EDUMATEC-UFPE. E-mail: veronica.gitirana@gmail.com.

3. Professor do Instituto Francês de Educação (IFÉ) – ENS-Lyon. E-mail: luc.trouche@ens-lyon.fr

ABSTRACT

On the basis of the analysis of two classes, portrayed in video and in comic books, this paper discusses the instrumental orchestration as a theoretical model for understanding teacher's activity aiming to integrate digital resources into his/her practice: s/he has to manage artifacts, subjects, time, environment to implement a mathematical situation in his/her classroom. The analysis focuses on properties of the four basic operations to be taught in a classroom thanks to a double-entry table, articulated with algebraic language. The discussion took place in a master course involving a teacher and seven students. The analysis focuses on different elements of the model and it brings up a new concept complementing the model, the ad hoc reactions of students at unforeseen events.

Keywords: *instrumental orchestration; ad hoc reaction; comic books; properties of the operations; instrumental genesis.*

Introdução

O modelo teórico da Orquestração Instrumental (OI), desenvolvido por Trouche (2005), muito tem contribuído com pesquisas sobre o ensino de matemática em ambientes ricos em tecnologias, especialmente as digitais. Este artigo destina-se a prover o professor e a comunidade de pesquisadores com um texto, em português, que apresente os elementos desse modelo teórico em articulação a análises de exemplos de aulas, com foco na integração de tecnologia digital no ensino da matemática. O modelo teórico OI é relevante à prática docente com recursos, em particular com os digitais, uma vez que o objetivo é contribuir com a aprendizagem de matemática com a tecnologia. Nossa intenção é propiciar a apropriação de pressupostos básicos da OI, assim como de alguns princípios de outros aportes teóricos que a fundamentam, advindos da Teoria da Instrumentação e da noção de esquemas, desenvolvidas pelos professores e psicólogos, Pierre Rabardel e Gérard Vergnaud, respectivamente.

A metáfora e o ensino de Matemática com suporte de tecnologias digitais

Ao usar a metáfora da orquestração, Trouche (2004) compara a sala de aula a uma orquestra, em que o professor é o maestro, seus estudantes são os músicos, as tecnologias são os instrumentos musicais e as situações

de ensino são os repertórios. Embora a improvisação, a inexperiência e os sons nem sempre harmônicos que ecoam na sala de aula não sejam uma realidade em uma orquestra, para Drijvers et al. (2010), esses são aspectos relevantes que devem ser considerados pelo professor, o maestro da prática docente, em uma orquestração instrumental.

Assim é relevante definirmos o que vem a ser uma orquestração instrumental, de acordo com Trouche (2005, p. 126, tradução nossa)

Uma orquestração instrumental é o arranjo sistemático e intencional dos elementos (artefatos e seres humanos) de um ambiente, realizado por um agente (professor) no intuito de efetivar uma situação dada e, em geral, guiar os aprendizes nas gêneses instrumentais e na evolução e equilíbrios dos seus sistemas de instrumentos.

Com a Metáfora da OI, Trouche (2005) aponta a importância da situação matemática proposta aos estudantes, bem como dois elementos necessários ao seu planejamento: a configuração e o modo de execução. O modelo da OI compõe-se pela configuração didática dos artefatos, ambiente e sujeitos para exploração de uma situação, além de seu modo de execução ou de operação. Segundo Drijvers et al. (2010 apud COUTO, 2015, p. 39-40):

[...] A configuração didática é a organização do ambiente de ensino e aprendizagem; é a seleção dos recursos a serem disponibilizados; é a elaboração da atividade; é a escolha das técnicas de trabalho para apreensão dos objetos matemáticos por meio das tecnologias e a definição do papel dos sujeitos e artefatos envolvidos neste processo.

[...]

O modo de execução é a forma que a atividade deverá ser desenvolvida, quando e como cada ferramenta inserida no ambiente e cada participante, seja professor ou estudante, deverão desempenhar seu papel visando os benefícios das intenções didáticas. Esse princípio prevê e leva em conta possíveis resultados das ações instrumentadas.

Os autores discutem a necessidade de destacar os momentos que exigem do professor uma decisão não planejada, as denominadas *decisões ad hoc*, definidas neste estudo como performance didática⁴, em que o im-

4. Neste artigo, estamos utilizando a tradução de *didactic performance* como performance didática em vez de desempenho didático, a fim de manter os termos mais próximos da metáfora da orquestra, apesar de desempenho ter maior significado educacional.

portante é o resultado alcançado com as modificações realizadas durante a aula em situações inesperadas. Para eles, a performance didática:

[...] consiste na performance alcançada pelo cenário projetado, em que se faz possível, verificar a viabilidade das intenções e o sucesso da realização da orquestração instrumental. Contemplam-se, também, aspectos relevantes que devem ser considerados, na execução da atividade instrumentada, tais como, as decisões *ad hoc* que devem ser tomadas diante de situações inesperadas que possam surgir numa orquestração, advindas da realização da atividade matemática ou do uso da tecnologia, por exemplo. (DRIJVERS et al., 2010, p. 215 apud COUTO, 2015, p. 39)

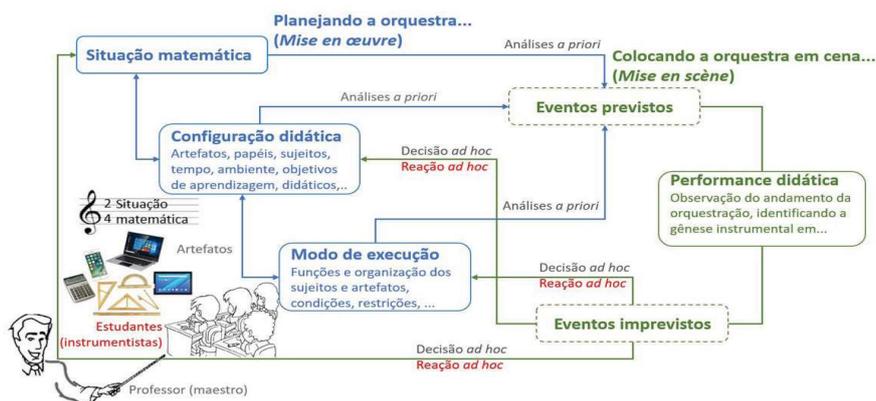
Entretanto, nossa experiência em estruturar, executar e analisar orquestrações instrumentais revelou-nos que, durante a sua execução, o professor e os estudantes, em geral, regem diante de situações inesperadas (BELLEMAIN e TROUCHE, 2016; COUTO, 2015; LUCENA e GITIRANA, 2015; LUCENA, GITIRANA e TROUCHE, 2016, 2018 e no prelo; PEREIRA e GITIRANA, 2016; TROUCHE, 2004 e 2005). Essas reações do professor, embora não planejadas, são de natureza didático-pedagógica, uma vez que têm foco nos objetivos (didáticos, formativos etc.) e buscam manter o bom andamento da orquestra – decisões *ad hoc* (DRIJVERS et al., 2010). Já as reações dos estudantes não possuem natureza didático-pedagógica, tendo em vista que o foco está essencialmente na resolução da situação proposta pelo professor ou em melhor se situar diante da orquestra em andamento.

Assim, definimos reações *ad hoc* como as reações dos estudantes à situação proposta, às condições e às restrições impostas a eles para resolver tal situação, em situações inesperadas. Elas não são previstas pelo professor e emergem durante o trabalho, individual ou coletivo, dos estudantes, durante sua atuação na orquestra. De forma mais específica, as reações *ad hoc* podem ser motivadas, por exemplo, por causa das características da situação, dos conhecimentos exigidos para resolução da situação, da habilidade ou não no uso dos artefatos disponibilizados, da gestão dos sujeitos envolvidos (papéis, funções etc.), do tempo de resolução, etc. As reações *ad hoc* tal como as decisões *ad hoc*, alteram o planejamento inicial da orquestra – a configuração didática, o modo de execução e até mesmo a situação proposta. De uma forma ou de outra, elas são extremamente relevantes à orquestração instrumental, uma vez

que, em geral, modificam a orquestra em pleno andamento e precisam ser consideradas pelo professor (maestro) para repensar novos arranjos durante o processo.

Na Figura 1, esquematizamos os elementos da orquestração instrumental em dois atos. Para isso, utilizamos dois termos franceses: o primeiro – *Mise en œuvre* – que denota o momento do planejamento da orquestração – a configuração didática e o modo de execução – para dar suporte à realização da situação; o segundo – *Mise en scène* – que denota o momento em que a orquestra é colocada em cena, ou seja, como ela está sendo executada, como está favorecendo ou não a realização da situação proposta – a performance didática.

Figura 1. Esquema do modelo da Orquestração Instrumental



Fonte: os autores

O primeiro ato, *Mise en œuvre* (em azul), é estruturado pelo professor que determina a situação, escolhe artefatos a serem disponibilizados, define os papéis, funções de cada sujeito, o tempo de duração, etc., além das análises *a priori* de natureza didático-pedagógica (em cinza). O segundo ato, *Mise en scène* (em verde), é a vivência do primeiro ato, pelo professor e seus estudantes. Nessa etapa, são confirmadas as previsões feitas pelo professor e a implementação ou não de “planos B” para as situações já previstas. Também são identificadas as decisões *ad hoc* do professor (em cinza) e as reações *ad hoc* dos estudantes (em vermelho).

Para entender o modelo teórico da Orquestração Instrumental (OI), é primordial que se tenha clareza sobre sua abordagem instrumental, a qual orienta o processo de gênese instrumental quanto ao uso de tecnologias para fins educacionais. Segundo Rabardel (1995), a gênese instrumental é a transformação gerada pela ação do sujeito sobre o artefato, tornando-o um instrumento na medida em que ele sofre o processo de instrumentação ao integrá-lo à sua prática. Entender o processo de gênese instrumental exige a distinção de alguns processos.

A Gênese Instrumental – Conhecendo seus Princípios

Discutiremos, nesta seção, a ideia de gênese instrumental, parte dos pressupostos teóricos que fundamentam a OI, partindo de algumas questões iniciais, apresentadas na Figura 2 a seguir.

Figura 2. Processos elementares da gênese instrumental



Fonte: Lucena e Gitirana (2016).

Figura 3. QRCode de acesso à HQ A Instrumentada

Para um melhor entendimento das questões apresentadas na Figura 2, utilizamos a história em quadrinhos (HQ) – A instrumentada (LUCENA, 2013), para ilustrar e explicar alguns princípios que fundamentam a OI. Esta HQ (acesse pelo QRCode da Figura 3) faz parte do acervo de histórias em quadrinhos produzidas por mestrados da disciplina de Tecnologias na Educação Mate-



mática (TEM), da Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica – EDUMATEC/UFPE, ministrada por Verônica Gitirana em 2013.

Figura 4. História em Quadrinhos – A Instrumentada



Fonte: Lucena (2013)

A produção da história em quadrinhos – A Instrumentada – ocorreu em decorrência de uma proposta que a professora fez aos mestrandos, consistiu em fazer com que eles revelassem seu entendimento sobre a Teoria da Instrumentação (RABARDEL, 1995), por meio de uma história em quadrinhos. Para essa atividade, foi utilizado o site de criação de história em quadrinhos – PIXTON@.

No primeiro quadrinho da HQ, a personagem Flor, cansada de fazer a faxina, resolve pedir ajuda a Rabardel, a quem ela chama de “deus da instrumentação”, para se livrar do seu instrumento de trabalho, a vassoura. Segundo Rabardel (1995), um instrumento é um construto psicológico elaborado com um artefato mais esquemas de uso do indivíduo que o utiliza. A vassoura, ao ser criada, é um instrumento para o criador que vislumbra seu uso, mas não passa de um artefato para os outros que pre-

cisam desenvolver regras de uso associadas às finalidades para utilizá-la. As regras de uso pautam-se em conhecimentos em ação (invariantes) e possibilita inferências.

Flor ainda revela, no primeiro quadrinho da HQ, que a vassoura é para ela um instrumento para varrer, ou seja, mais que um artefato. Ela desenvolveu esquemas de uso para realizar as atividades para as quais o artefato – a vassoura – fora criado como, por exemplo, varrer a sujeira que está no chão. Um esquema é “a organização invariante da conduta para uma dada classe de situações. É nos esquemas que se tem de procurar os conhecimentos em ação do sujeito, ou seja, os elementos cognitivos que permitem à ação do sujeito ser operatória” (VERGNAUD, 1996, p. 157).

No segundo quadrinho da HQ, “o deus Rabardel” alerta Flor para a possível utilidade da vassoura, inclusive para as funções que ela ainda desconhece. Nesse caso, a vassoura seria, para ela, um artefato, mas poderia se transformar em um instrumento. Um exemplo disso seria limpar a sujeira do teto das paredes, embora exista o espanador, a vassoura poderia cumprir essa função, ou ainda ser utilizada para bater em alguém, o que não é correto, mas Flor faz isso no último quadrinho da HQ. De acordo com Rabardel (1995), o artefato é o mesmo, mas as funções dadas pelo indivíduo com os seus esquemas de uso, incluindo conhecimentos, objetivos, ação, inferência, entre outros aspectos relativos ao sujeito, é que variam, nisso consiste a essência de sua transformação.

No quadrinho 3 da HQ, após refletir sobre a possibilidade de não se desfazer da vassoura, Flor decide experimentar um novo esquema de uso baseado em seu conhecimento de histórias infantis – ela deseja fazer a vassoura voar. Flor inicia, então, o processo de instrumentalização. A esse respeito, Rabardel (1995) entende que o indivíduo começa a explorar o artefato e suas funcionalidades, desenvolvendo assim esquemas de uso, buscando conhecer suas potencialidades e limitações para a realização de uma dada tarefa, que não precisa ser essencialmente aquela para qual foi criado.

Flor sobe na vassoura e dá comandos para que ela voe. Ela faz isso, provavelmente, com base nos filmes que viu ou nos livros que leu sobre as lendas e histórias infantis. Obviamente, a vassoura não voa, para que isso ocorra hipoteticamente, são necessários os seguintes esquemas: (a)

montar na vassoura e (b) dar o comando “Voa vassoura, voa!”. Nesse caso, o processo de gênese instrumental não passa da instrumentalização para a instrumentação.

Sem sucesso e já irritada, no quadrinho 4 da HQ, Flor questiona “o deus Rabardel”, informando-o que, embora a vassoura seja um instrumento para ela, dando-lhe suporte quanto à limpeza, para executar a função voar, ela ainda é um artefato. Rabardel, de forma a fazer menção aos esquemas de uso, responde a Flor no quadrinho 5 da HQ, falando da obviedade da não instrumentação. Ele justifica que não basta mudar a função do artefato e explorá-lo, o indivíduo também tem de passar por transformações, precisa desenvolver os esquemas para fazer a vassoura voar.

No caso de Flor, para fazer a vassoura voar com base nos esquemas utilizados, ela teria de adquirir os esquemas próprios a uma bruxa. “Quando o indivíduo atribui funções aos artefatos, os esquemas de ação de uso ou esquemas mentais evoluem, dando origem às novas formas de utilização do artefato, surgindo então o instrumento” (RABARDEL, 1995, p. 93 – tradução nossa). Quando isso ocorre, há o processo de instrumentação do sujeito que passa a integrar de fato o instrumento à sua prática e, por consequência, transforma-se também.

Inserir ou Integrar?

Acreditamos que a discussão sobre a história em quadrinhos – A Instrumentada – contribuiu para dar uma noção do que é um artefato, um instrumento, o que são os processos de instrumentação e instrumentalização, e que todos esses conceitos compõem a gênese instrumental. Entretanto, ainda há dois aspectos importantes que desejamos esclarecer: o significado de inserir e de integrar uma tecnologia, seja ela digital ou não, à prática docente. Para isso, utilizaremos uma análise do vídeo: Tecnologia e Metodologia (GTRIC, S/D).

Figura 5. Vídeo – Tecnologia x Metodologia e QR Code de acesso⁵



O vídeo Tecnologia e Metodologia é uma animação produzida pelo Grupo de Trabalho de Imagem e Conhecimento – GTRIC, da Universidade Presidente Antônio Carlos – UNIPAC. Ele apresenta uma situação que reflete a realidade de muitos professores, dando luz a uma importante discussão quanto ao uso de tecnologias da informação e comunicação na educação: a diferença entre inserir e integrar uma tecnologia à prática docente.

Um dos maiores erros que podemos cometer em relação às tecnologias digitais consiste em acreditar que elas, por si só, irão transformar a escola, o ensino, a aprendizagem, ou a educação como um todo. O trecho 1 (00:58 à 01:37) ilustra bem essa crença, quando o gestor da escola apresenta o projeto da escola nova, que terá metodologia nova pautada nas tecnologias digitais. Sem formação para o uso dos novos artefatos, em apenas uma semana, a professora se instrumentaliza. No trecho 2 (01:45 à 01:55), podemos perceber sua habilidade quanto ao uso da tela de projeção e do projetor multimídia. A professora utiliza projetor multimídia como para projetar as operações que devem ser feitas pelos estudantes e respondidas em seus computadores. Após responder, o valor é apresentado.

Nesse caso, os artefatos foram inseridos à prática docente sem provocar um diferencial para o ensino. Ela usa o *datashow* e o computador transformando-os em um instrumento similar ao quadro branco, os estudantes, por sua vez, utilizam o computador como se fosse papel e lápis. O método utilizado pela professora não transforma a tecnologia em um instrumento, nem favorece tal transformação na relação estudante-

5. <https://www.youtube.com/watch?v=xLRt0mvvpBk>

computador. Dessa forma, os artefatos não oferecem um diferencial à sua prática, para favorecer o ensino e a aprendizagem.

O projetor multimídia pode ser bastante útil ao professor para projetar imagens e vídeos que venham agregar valor à sua aula. É um excelente recurso que permite projetar aulas previamente produzidas, em geral, no formato de slides ou, ainda, para exibir atividades dos estudantes, entre muitas outras formas de uso. Entretanto, no trecho 3 (01:58 a 02:26), esse equipamento é utilizado para exibir a tabuada, antes exposta por meio de um cartaz fixado na lousa. A metodologia continua a mesma, porém aplicada agora na tela de projeção e projetor digital inseridos na sala de aula.

O vídeo Tecnologia ou Metodologia apresenta uma situação clássica de inserção das tecnologias sem integração, ou seja, trata-se de uma inserção de um conjunto de recursos que não passam de um artefato, tendo em vista que não oferecem diferencial ao ensino proposto. A professora continua ministrando a mesma aula, os estudantes também continuam estudando a tabuada da mesma forma, embora agora com o projetor multimídia utilizado como cartaz e o computador como caderno.

De fato, a integração de tecnologias digitais exige do professor: formação, planejamento e constante reflexão sobre sua prática. Não é suficiente conhecer as funcionalidades dos artefatos e saber manuseá-los, ou seja, instrumentalizar-se, é preciso fazer uso integrado deles de forma a favorecer o ensino e a aprendizagem. Isso só é possível quando os artefatos passam a ser instrumentos para o professor que pode aproveitar-se de suas potencialidades – gênese instrumental.

Análise da Orquestração Instrumental de uma aula sobre propriedade das operações

Será que basta o professor ser instrumentado, para utilizar as tecnologias integradas ao ensino de matemática?

O modelo teórico da Orquestração Instrumental (OI) visa a favorecer a organização de um ambiente propício para permitir a gênese instrumental do estudante para aprender matemática em ambientes ricos em tecnologias, em particular as digitais. Assim, uma das condições para o

professor de matemática é a sua própria gênese instrumental, de forma a utilizar os recursos digitais como instrumentos para promover a aprendizagem matemática e como esse profissional insere artefatos em sua prática docente, passando a integrá-los como instrumentos para as suas ações, produzindo um diferencial ao ensino e à aprendizagem.

Nessa seção, discutiremos a orquestração instrumental, fazendo a análise de uma aula elaborada por Verônica Gitirana, utilizando o modelo, em uma de suas turmas da Pós-Graduação. Essa aula tinha por objetivo promover uma situação em que os estudantes e professores de matemática da Educação Básica descobrissem propriedades das quatro operações básicas, por meio de padrões geométricos em tabelas de dupla entrada das operações, correlacionando com sua escrita algébrica. Para tanto, planejou-se utilizar: tela de projeção e projetor digital, computador, celular, *bluetooth*, caderno, caneta e lápis de cor.

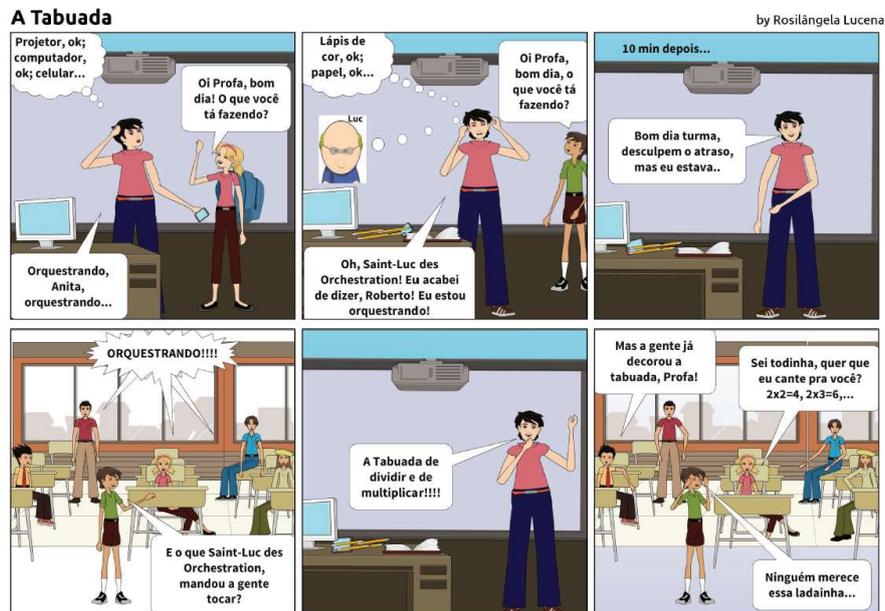
A HQ denominada “A Tabuada” (LUCENA, 2016) foi construída para ressaltar elementos de uma orquestração instrumental presentes na aula. A HQ foi parcialmente produzida no PIXTON@ e adaptada para inserção das tabelas de multiplicação e divisão construídas durante a aula por estudantes da turma da Pós-Graduação. Dois grupos da turma foram consultados e nos autorizaram a utilização e publicação de suas tabelas nesta HQ.



Figura 6. QR Code de acesso à HQ

A orquestração instrumental será analisada, utilizando-se a HQ. Nos primeiros quadrinhos da HQ – A Tabuada (do 1 ao 7), pode-se verificar elementos da configuração didática da orquestração instrumental.

Figura 7. HQ “A Tabuada” (seis primeiros quadrinhos)



Fonte: Lucena (2016)

A professora está engajada em garantir que não está se esquecendo de nenhum dos artefatos que irá compor seu conjunto de recursos, os quais darão suporte à sua aula. Ela planejou utilizar o computador, o projetor multimídia, o celular, papel, lápis e lápis de cor. Curiosos, os estudantes querem saber o que ela está fazendo e, pela segunda vez, ela respondeu, já impaciente e em nome de “*Saint-Luc*”, uma referência ao criador do modelo teórico em foco – Luc Trouche, que ela está orquestrando (Quadrinhos 1 e 2).

O termo “orquestrando” e a referência a “*Saint-Luc des orchestrations*” evidencia a metáfora e gera uma nova questão, a do quadrinho 4, quando Roberto pergunta a ela o que iriam tocar. Nesse momento (Quadrinho 5), a professora Vera apresentou parte de suas intenções didáticas.

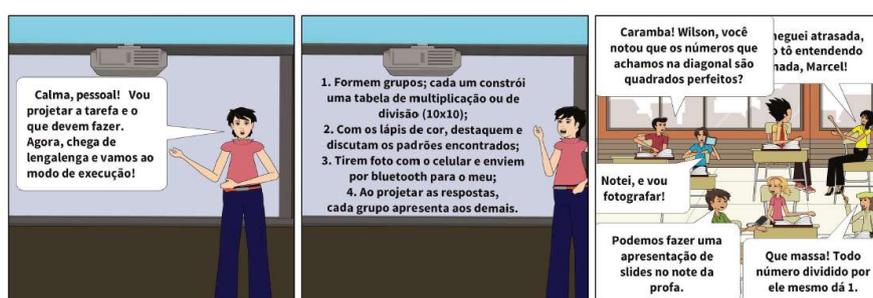
Sem uma clara explicitação da situação a ser explorada, o anúncio foi rejeitado de imediato, e não é difícil descobrir o motivo, uma vez que os estudantes revelaram total aversão à tabuada: um retrucou afirmando que já decoraram; outra ironizou “cantando” a tabuada 2×2 , 2×3 (...); e

mais outro se desesperou com a amiga que “canta” a tabuada chamando a ação de ladainha.

O que se pode esperar de uma aula que já começa com tantas negativas, por parte dos estudantes?

Em um primeiro momento, isso parece uma situação inesperada, mas a professora Vera já previa tal comportamento, pois já conhecia os estudos de educação matemática sobre a aversão dos estudantes à tabuada devido à forma como lhes fora ensinada que pode ser repetição para memorização. Mas seus planos eram outros e foram revelados quando ela fez uso da tela de projeção e do projetor digital para informar a todos os estudantes sua configuração didática (Quadrinhos 7 e 8), bem como a situação proposta:

Figura 8. Quadrinhos de 7 a 9



Fonte: Lucena (2016)

- **A situação:** (a) construir uma tabela de multiplicar ou dividir com 10 linhas e 10 colunas, usando lápis e papel quadriculado; (b) após a construção, pintar com os lápis de mesma cor os números da tabela que representassem um padrão correlacionado a alguma das propriedades da operação realizada; (c) tirar foto da tabela construída e enviar por *bluetooth* para o computador da professora de forma que ela pudesse projetar as respostas; (d) apresentar as propriedades encontradas;
- **O conteúdo:** uso da tabela como recurso para o estudo das propriedades das operações de multiplicação e de divisão por meio da

exploração tabuada multiplicação e de divisão e correlação com padrão geométrico encontrado na tabela de dupla-entrada;

- **Os recursos:** celular, papel quadriculado, computador, projetor digital, lápis, lápis de cor, tela de projeção, a tabuada construída, *bluetooth*;
- **Objetivos em relação aos recursos:** (a) apoiar a identificação de padrões e propriedades – tabela e lápis de cor; (b) conseguir compartilhar coletivamente e com rapidez a produção dos grupos para uma discussão – celular e *bluetooth*; (c) apresentar para os demais os padrões e propriedades encontrados na tabela – tela de projeção e projetor digital;
- **A organização dos estudantes e seus papéis:** formação de duplas ou trios; cada grupo deveria construir uma tabela de um tipo de operação; os componentes de cada grupo deveriam dividir as atribuições entre eles – pintar a tabela, anotar a sistematização matemática, fotografar, enviar para a projeção e apresentar;
- **Objetivos quanto à organização dos estudantes:** (a) construção coletiva da tabela de forma que os conhecimentos de cada um pudessem colaborar para a identificação dos padrões e propriedades; (b) apoiar uns aos outros quanto ao uso das tecnologias, celular, *bluetooth* e projetor, para realizar a apresentação e discussão coletiva com a turma;
- **Tempo:** apesar de não explicitar para os estudantes, a professora Vera estipulou que essa fase seria realizada em 20 minutos.

Após explicar a dinâmica da tarefa aos estudantes, a professora encerrou a sessão de reclamações deles, sobre a tabuada, com os comandos da situação e da organização dos trabalhos com um diaporama previamente construído, na fase de configuração didática.

Na programação do modo de execução, a professora Vera propôs que os estudantes trabalhassem em grupo, cada um com seu papel definido no grupo, sendo ela a mediadora, observando o trabalho dos estudantes, e: (a) quando chamada, ela devolvia a questão proposta de modo a fazer o estudante refletir ou (b) observar novas descobertas na exploração dos estudantes, de modo a incentivá-los a não deixarem a descoberta de lado.

Iniciado o trabalho em grupo, não demorou para que os estudantes percebessem que aquela aula sobre a tabuada, seja de dividir ou de multiplicar, era diferente, e os resultados da orquestração instrumental começaram a surgir à medida que eles conseguiam, com o uso da tabela e das cores, fazer emergir as propriedades com base nos padrões observados, construindo seus esquemas de ação instrumental e propiciando a discussão em grupo (Quadrinho 10).

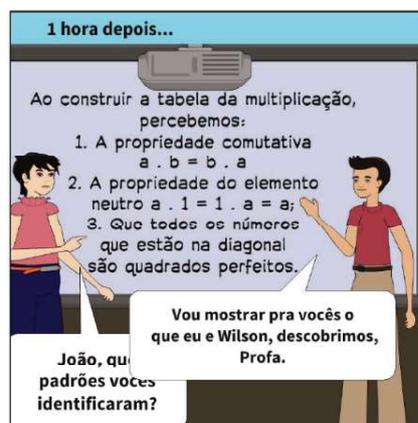


Figura 9. Quadrinho 10. Fonte: Lucena (2016).

À medida que a orquestração foi colocada em cena (em prática), outra situação imprevista pela professora surgiu. Uma das estudantes chegou muito atrasada e dificultou sua atuação, já que ela não ouviu as orientações, deixando o parceiro à frente da atividade, pois ela não conseguia entender o que deveria ser feito. Nesse caso, a professora Vera não previu que estudantes que chegassem atrasados poderiam ficar sem trabalhar, por isso, não preparou orientações diferentes daquelas da apresentação coletiva. Essa situação imprevista, da performance didática, faz-nos refletir sobre a configuração didática e a necessidade de uma análise *a priori* pautada não somente nos aspectos cognitivos, mas também na gestão da sala de aula. Ao não se engajar na atividade, tem-se um caso de reação *ad hoc* da aluna que chegou atrasada, sendo a ação percebida apenas durante a apresentação, quando ela revela à professora o motivo de sua não efetiva participação.

Assim que o trabalho em grupo foi encerrado, a professora Vera propôs uma nova configuração didática da aula em que toda a turma trabalharia em conjunto na apresentação e discussão de suas descobertas e definiria um de seus componentes para apresentar o que eles haviam produzido coletivamente. A cada grupo foi destinado um tempo de apresentação, e os colegas da sala poderia discutir e elaborar questões para melhor entender as descobertas. A professora Vera assumiu o papel de intervir com perguntas que esclareceriam as descobertas ou motivassem a discussão, como mostra o quadrinho em que João apresentou a produção dele e de seu colega, Wilson, eles optaram por fazer a tarefa em dupla.

João iniciou a apresentação por meio da projeção de slides e expôs as três propriedades encontradas pelo grupo, sendo: (a) comutatividade; (b) elemento neutro da multiplicação; (c) os quadrados perfeitos da diagonal da tabela de multiplicação por eles construída. Nos slides, eles expuseram um resumo e depois cada padrão pintado com a mesma cor e relacionaram cada um à propriedade identificada (Quadrinhos 11, 12 e 13).

Além disso, o engajamento e crescimento da autoestima provocado pela metodologia de investigar padrões os levam a querer fotografar suas descobertas utilizando seus próprios celulares. A iniciativa dos estudantes em preparar uma apresentação detalhada foi mais uma situação não prevista pela professora. No modo de execução, como planejado, ela previu e assim solicitou que os estudantes tirassem foto da tabela e enviassem para o computador dela, onde salvaria a foto enviada para apresentar depois. Entretanto, eles utilizaram os seus computadores pessoais para organizar um diaporama mais detalhado de suas descobertas, em decisão *ad hoc*, a professora permite que seja elaborado o diaporama pelos estudantes.

Figura 10. Quadrinhos de 11 a 13



Fonte: Lucena (2016)

O segundo grupo era formado por Lany, Roberto e Anita. Lany era a representante do trio e também optou por apresentar a produção deles em forma de slides, ela falou sobre as descobertas em relação à operação de divisão, sendo elas: (a) todo número dividido por ele mesmo resulta 1; (b) todo número dividido por um, resulta



Figura 11. Quadrinho 14

nele mesmo; (c) os números equidistantes pela diagonal são inversos multiplicativos. (Quadrinho 14).

Eles também fizeram uso da imagem fotografada e de sua edição demonstrar suas descobertas nos slides. Entretanto, a forma como escreveram seus dados é bem diferente. Perceba que Anita, Roberto e Lany fizeram uso da representação escrita em língua materna (Quadrinhos 14, 15, e 16).

João e Wilson não apenas fizeram uso desse tipo de representação, mas também prezaram por organizar as informações numa representação algébrica, relativas às propriedades encontradas.

Figura 12. Quadrinhos de 15 a 17

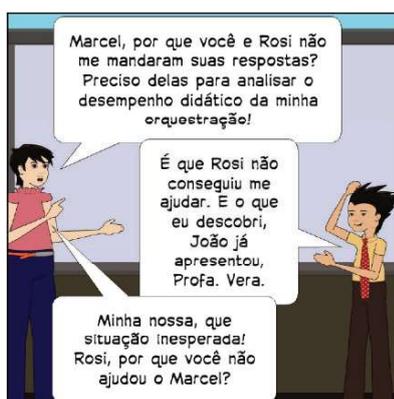


Fonte: Lucena (2016)

Dando sequência ao modo de execução, o estudante Marcel foi convidado para apresentar a produção dele com sua dupla, a estudante Rosi. Porém, mais um imprevisto ocorreu: a dupla informou à professora e à turma que apenas um deles, Marcel, conseguiu executar a atividade, porque Rosi chegou atrasada e não conseguiu entender a qual foi a atividade proposta. Além disso, o que Marcel conseguiu identificar em sua tabela já havia sido apresentado anteriormente, pois ele escolheu a tabela de multiplicação, tal como a dupla, João e Wilson (Quadrinhos 15, 16 e 17). Diante desse contexto, a dupla preferiu não apresentar seus achados, mesmo quando a professora insistiu que eles fizessem isso. Embora a produção dos estudantes Marcel e Rosi não tenha sido apresentada, essa situação trouxe à tona, mais uma vez, um aspecto importante além das

já conhecidas as decisões *ad hoc*⁶ (TROUCHE, 2004; DRIJVERS et al., 2010) da OI: as reações *ad hoc*.

Figura 13. Quadrinho 18. Fonte: Lucena (2016)



Na configuração didática, o professor precisa dedicar tempo para prever o que pode ocorrer durante a colocação em cena (prática) da orquestração, com a finalidade de se evitar, ao máximo, situações inesperadas que possam comprometer os objetivos didáticos da orquestração instrumental. Utilizamos a análise *a priori* de Artigue (1994) como técnica para realizar tal previsão. Para isso, é importante que o professor tenha sempre um plano “B”, o que parece não ter ocorrido no caso da professora Vera. Ainda assim, existem as que não se podem prever, nesse caso, as decisões *ad hoc* são fortemente evocadas. É na performance didática, terceiro elemento do modelo da OI, que o professor pode identificar tais situações e os reflexos das suas decisões *ad hoc*, que altera ora a configuração didática, ora o modo de execução, na busca de um melhor suporte à gênese instrumental. Mas, como discutimos anteriormente, as situações inesperadas nem sempre evocam apenas decisões *ad hoc* do professor, por vezes, elas fazem emergir as reações *ad hoc* dos estudantes.

No quadrinho 19, Rosi, tal como seus colegas, não sabem da relação da expressão *ad hoc* com a teoria que está fundamentando a prática de sua professora. Porém, ela parece saber que tal expressão é usada para designar decisões eventuais e em caso de necessidade. Assim, ela se justifica à professora informando-a que o motivo pelo qual não ajudou o seu parceiro foi uma decisão *ad hoc*, omitindo o verdadeiro motivo: seu atraso.

6. A expressão vem do Latim e significa, segundo dicionário online: “Para esse caso”, “eventualmente”, “criado para este propósito específico”, “pontual”.

Figura 14. Quadrinhos 19 e 20



Fonte: Lucena (2016).

A “esperteza” de Rosi deixa seus amigos sem nada entender, e a professora ficou surpresa. Ela não esperava por isso, tampouco tinha uma decisão *ad hoc* – era uma reação *ad hoc*. Na verdade, segundo a professora, nem o Paul Drijvers, criador do terceiro elemento da TOI – A performance didática – poderia prever uma resposta como a que foi dada pela estudante.

Durante a execução de uma orquestração instrumental, perceberemos que as situações inesperadas, ora geraram decisões *ad hoc*, ora reações *ad hoc*, as primeiras tomadas pelo professor, as segundas pelos estudantes. Algumas dessas situações podem contribuir ou não para um melhor desempenho da orquestração. Um exemplo disso é o fato de a professora Vera não prever que seus estudantes usariam um software de elaboração de apresentações – reação *ad hoc*. Entretanto, se ela o soubesse, poderia ter disponibilizado *tablets* ou *notebooks* para que os estudantes pudessem preparar suas apresentações durante o trabalho em grupo. Nesse último caso, teríamos uma decisão *ad hoc*.

Outra situação interessante teve relação com a atividade matemática. A professora solicitou que cada grupo (dupla ou trio) construísse uma tabela da multiplicação ou da divisão. Ela não contava que, com a formação de três grupos, uma das operações poderia se repetir, o que geraria resultados semelhantes, podendo desmotivar os estudantes da apresentação posterior, tal como ocorreu com a dupla Marcel e Rosi. Se a

professora tivesse previsto tal situação, poderia ter proposto a construção de uma tabela por operação: adição, subtração, multiplicação e divisão, ou ainda mediar para que cada grupo apresentasse resultados de forma a todos ficarem com algum resultado a apresentar. Isso evitaria a reação *ad hoc* da dupla de não apresentar o trabalho.

Outro aspecto não previsto foi o que fazer com os estudantes que porventura chegassem atrasados. Era preciso, neste caso, pensar em como dar suporte a eles, de forma que eles pudessem participar ativamente da tarefa, evitando assim a reação *ad hoc* ficar sem trabalhar. Isso pode comprometer a orquestração e, conseqüentemente, a aprendizagem dos estudantes envolvidos.

Considerações Finais

Esse texto objetiva a apresentação e discussão ilustrada de princípios fundamentais do modelo teórico da Orquestração Instrumental (OI), tal como de outros referentes aos aportes teóricos que a fundamentam os da gênese instrumental, da Teoria da Instrumentalização – Rabardel (1995), além do conceito de esquemas oriundo da Teoria dos Campos Conceituais (VERGNAUD, 1996).

Para isso foram utilizadas duas histórias em quadrinhos – HQ: A Instrumentada e A Tabuada. Além disso, utilizamos o vídeo Tecnologia e Metodologia. A primeira HQ permitiu-nos discutir a gênese instrumental e os elementos que a compõem: artefato e instrumento; instrumentalização e instrumentação; inserir e integrar. Questões sobre esses elementos foram levantadas, a fim de que o professor conseguisse defini-las e diferenciá-las.

O vídeo analisado permitiu-nos exemplificar uma prática docente em que os recursos, entre eles as tecnologias digitais, são inseridos e pouco ou nada acrescentam à prática docente e à aprendizagem dos estudantes. Outras questões foram apresentadas para motivar a reflexão do professor, leitor desse texto sobre a necessidade de que o conjunto de recursos utilizados/disponibilizados pelo professor ofereça um diferencial à forma como ele ensina, tal como, a forma como seus estudantes aprendem.

A segunda HQ contribuiu com a apresentação do modelo teórico da OI e de seus elementos: a configuração didática e o modo de execução

como parte do planejamento, e a performance didática, como parte da colocação em cena da OI planejada, como mostra o esquema. A performance didática dessa orquestração colocou em evidência as reações *ad hoc* dos estudantes quando diante das condições/restrições/etc. impostas pela situação, configuração didática e o modo de execução previstos pelo professor.

A experiência vivenciada pelos estudantes mediante a proposta de sua professora, que consistiu no ensino diferenciado da tabuada e pautado em tecnologias digitais, associado a recursos analógicos e aproveitamento das potencialidades digitais, tem sido um exemplo de integração de recursos à prática docente.

Por fim, comparando alguns aspectos do uso da tabuada no vídeo e na HQ, procuramos revelar a importância do modelo da OI que permite, por meio de elementos, a modelagem de situações de ensino, sistematizada e intencional, com suporte de tecnologias digitais.

Recebido em: 14/08/2018

Aprovado em: 30/11/2018

Referências

- ARTIGUE, M. Didactical engineering as a framework for the conception of teaching products. In: BIEHLER, R.; SCHOLZ, R. W.; WINKLEMANN, B. **Didactics of mathematics as a scientific discipline**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994, p. 27-39.
- BELLEMAIN, F.; TROUCHE, L. Compreender o trabalho dos professores na concepção e utilização de recursos no seu ensino. **Anais do I LADIMA** – Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática - Bonito-MS. Campo Grande: UFMS, 2016, p. 1-14. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/0B6OphkgfrkD3eGRISW1iVHg3YjQ/view>. Acesso: 15/06/2018.
- COUTO, R.L. **Metaorquestração Instrumental: um constructo teórico para repensar a formação de professores de matemática**. Tese de doutoramento em andamento. (Educação Matemática e Tecnológica) Universidade Federal de Pernambuco, a publicar.
- COUTO, R.L. **Mediações didáticas da tutoria online da geometria analítica: uma análise à luz da orquestração instrumental e das representações**

- semióticas**. 172 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) – Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 2015.
- DRIJVERS, P.; DOORMAN, M.; BOON, P.; REED, H.; GRAVMEIJER, K. The Teacher and the Tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. **Educational Studies in Mathematics**, v. 75, n. 2, p. 213-234, 2010.
- GTRIC – Grupo de Trabalho de Imagem e Conhecimento. **Tecnologia e Metodologia**. Vídeo. S/D. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xLRt0mvvpBk> Acesso: 12/10/2016.
- LUCENA, R. **A Instrumentada Pixton@**. História em Quadrinhos, 2013. Disponível em <http://lematec.net.br/webdocuments/1/res/hq01/hq1.png>. Acesso: 07/08/2016.
- LUCENA, R. **A Tabuada Pixton@**. História em Quadrinhos, 2016. Disponível em <http://lematec.net.br/webdocuments/1/res/hq02/hq2.toi.png>. 07/08/2016.
- LUCENA, R.; GITIRANA, V. Configurações didáticas da tutoria online: a escolha de recursos para mediação didática do tutor. **Anais do VI SIPEM – Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática – SIPEM**, p. 1-12. Pirenópolis-GO. 2015.
- LUCENA, R.; GITIRANA, V. **ORQUESTRAÇÕES INSTRUMENTAIS: o ensino de matemática pautado em tecnologias digitais**. 2016. Disponível em: <http://lematec.net.br/webdocuments/1/>. Acesso em: 07/08/2016.
- LUCENA, R.; GITIRANA, V. TROUCHE, L. Une Analyse Micro-Génétiqúe des Genèses Instrumentales Impliquées dans une Situation de Géométrie Dynamique. **Actes École d'Été de Didactique des Mathématiques**. Paris, ARDM. (no prelo).
- LUCENA, R.; GITIRANA, V. TROUCHE, L. Instrumental Meta-Orchestration for Teacher Education. In: V. Gitirana; T. Miyakawa; M. Rafalska; S. Soury-Lavergne; L. Trouche. **Proceedings of Re(s)source 2018 International Conference**. ENS de Lyon, Lyon, 2018, p. 300-303.
- LUCENA, R.; GITIRANA, V.; TROUCHE, L. Teoria da Orquestração Instrumental: um olhar para a formação docente. **Anais do I LADIMA – Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática- Bonito-MS**. Campo Grande: UFMS, 2016, p. 1-14.
- PEREIRA, J. W.; GITIRANA, V. Configurações didáticas na educação a distância: um olhar sobre os recursos mobilizados por um professor executor. **Anais do I LADIMA – Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática**, 2016, Bonito-MS. Campo Grande: UFMS, 2016, p. 1-14.
- RABARDEL, P. **Les hommes et les technologies: une approche cognitive des instruments contemporains**. Paris : Armand Colin, 1995.

- TROUCHE, L. Environnements informatisés et mathématiques: quels usages pour quels apprentissages ? **Educational Studies in Mathematics**, v. 55, p. 181-197, 2004.
- TROUCHE, L. Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques: nécessité des orchestrations. **Recherches en Didactique des Mathématiques**, v. 25, p. 91-138, 2005.
- VERGNAUD, G. The theory of conceptual fields. In: L.P. Steffe; P. Neshier; P. Cobb, G.A. Goldin; B. Greer (eds.). **Theories of Mathematical Learning**. Mahwah, Lawrence Erlbaum Ass., 1996, p. 219-239.