



**MPM5609 – Projetos
em Ensino de Matemática**

Engenharia Didática como Metodologia de Pesquisa

*Profa. Ana Paula Jahn
anajahn@gmail.com*

Engenharia Didática

✓ Metodologia de Pesquisa

- ✓ Apresentada no início dos anos 80
- ✓ Contexto da Didática Francesa
- ✓ Elaboração de uma metodologia compatível com os princípios fundadores da ***Teoria das Situações Didáticas*** de Guy Brousseau



Michèle Artigue

Universidade Paris Diderot

Medalha Felix Klein 2013

Ex-presidente do ICMI

Engenharia Didática

✓ Motivada por 2 questões:

1. Como lidar com a **complexidade da sala de aula** nas metodologias de pesquisa?
2. Como pensar as **relações entre pesquisa e ação** sobre o sistema educativo?

Engenharia Didática

Considera-se um ponto do sistema didático cujo funcionamento parece, por razões de naturezas diversas, pouco satisfatório. Analisa-se esse ponto e as condições que tendem a encontrar um novo ponto de equilíbrio e, depois, trabalhando com essas condições, busca-se determinar condições de existência de um modo de funcionamento mais satisfatório.

(ARTIGUE, 1990)

Teoria das Situações Didáticas

- ✓ Iniciada no final dos anos 60
- ✓ Construtivista Piagetiana
- ✓ Principais *constructos*:
 - **Situação didática e a-
didática**
 - **“Milieu”**
 - **Devolução &
Institucionalização**
 - **Contrato didático**
 - **Variáveis didáticas**



Guy Brousseau

Universidade de Bordeaux

Medalha Felix Klein, 2003

Teoria das Situações Didáticas

- Inspirada da *epistemologia piagetiana*
- **Aprendizagem** resulta de processos de adaptação, desenvolvidos diante de **situações problemáticas**
 - Mas, NÃO é uma teoria cognitiva
- **Objeto central: situação** por meio da qual se organizam as relações entre os três polos do **triângulo didático**

Triângulo Didático



(Brousseau, 1986)

Teoria das Situações Didáticas

- ✓ Estudo do **sistema didático**
 - “jogo” que se estabelece entre **professor, aluno(s)** e um **saber matemático**
- ✓ Estudo de um **sistema de relações** constituído, orientado e finalizado pela vontade de ensinar

Em relação ao *Aluno*

- A atividade do aluno deve ser, em alguns momentos, comparada à atividade do matemático
 - saber Matemática é ***pensar em problemas*** (e em boas questões) **e encontrar soluções** para esses problemas (ou respostas para essas questões)
- O professor deve propiciar um ambiente de pesquisa em sala de aula de modo que o aluno possa “refazer” alguns passos feitos pelo cientista
 - Vivenciar atividades do ***fazer matemático***

Em relação ao *Professor*

- Inverso ao do pesquisador: recontextualizar e (re)personalizar
 - Cada conhecimento deve nascer da adaptação do aluno a uma situação específica
- O professor deve simular uma microssociedade científica
 - Mas, deve dar aos alunos meios para se *encontrarem* nessa história particular
- Papel importante em duas fases:
 - Devolução
 - Institucionalização

Situação Didática

- **Objeto** que modeliza o complexo **conjunto de interações** que se estabelecem numa **situação de ensino** entre professor, aluno(s) e saber
- É o conjunto dessas interações e dos fenômenos que elas induzem que a teoria quer considerar
 - fornecendo ferramentas teóricas

Tipos de Situações

- **Situação não didática**
 - Sem **finalidade didática** para a qual a relação ao saber elabora-se como um **meio econômico de ação** (p. ex. andar de bicicleta)
- **Situação didática**
 - Que **serve para ensinar**
 - *Uma situação é didática quando um indivíduo tem a **intenção de ensinar** a outro um saber específico*

Tipos de Situações

- **Situação a-didática**

- **Parte da situação didática** na qual a intenção de ensinar não é explícita aos olhos do sujeito
- O sujeito reage como se a situação fosse não didática
- Cabe ao aluno tomar decisões, elaborar estratégias e avaliar sua eficácia
- O aluno trabalha de forma “**independente**”, não sofrendo controle direto por parte do professor

Teoria das Situações Didáticas

- **Princípio fundamental da TSD:** um certo nível de « **a-didaticidade** » é necessário para a aprendizagem matemática

Situação A-didática

- O aluno não “vê” os objetivos didáticos
- O aluno assume a responsabilidade do problema (ocorre a devolução)
- A situação favorece ao aluno a utilização de conhecimentos e demanda a construção e utilização de novos

Situação A-didática

- Consiste em colocar o aluno em uma situação:
 - cuja **solução** exige o **conhecimento visado**;
 - que ele possa **agir** sobre ela;
 - que **não é puramente experimental**;
 - que permita que o aluno **julgue o resultado** e controle a validade de sua solução.
- Dialética ação-formulação-validação

Engenharia Didática

- **Esquema experimental** baseado em realizações didáticas em sala de aula
- **Concepção, realização e análise de sequências de ensino**
 - **Micro-engenharia:** pontuais, curtas, consideram de forma mais completa e específica a complexidade da sala de aula
 - **Macro-engenharia:** longas, considera resultados de micro-engenharias além de outros fenômenos ligados ao processo de ensino e aprendizagem

Engenharia Didática

- Se diferencia de outros métodos pelo tipo de validação
 - Em geral, outras metodologias realizam uma validação externa (comparação entre grupos experimentais e grupos de controle ou focais, sistemas de pré-testes e pós-testes).
 - A engenharia didática possui validação interna que se apoia na confrontação entre a análise *a priori* (baseada em estudos preliminares e certo número de hipóteses) e análise *a posteriori* (baseada em dados da realização efetiva)

Engenharia Didática

- **Relação com TSD**
- **Concepção das situações e análise *a priori***
 - Escolhas justificadas em termos do projeto global
 - E, para cada situação da sequência, devem ser explicitadas as **variáveis didáticas**

Fases da Engenharia Didática

- ✓ Análises preliminares
- ✓ Concepção e análise *a priori* das situações da engenharia
- ✓ Experimentação
- ✓ Análise *a posteriori* e validação

Análises preliminares

- ✓ **Análise epistemológica do conteúdo visado** - para caracterizar o conceito em sua gênese histórica, seu lugar atual na diversidade dos problemas onde ele intervém como ferramenta; localizar outros conceitos que interagem com ele e contribuem para lhe dar significado...
- ✓ Estudo do conceito na qualidade de **objeto de ensino**, ou seja, do **ponto de vista geralmente adotado no ensino** e, também, de sua evolução ao longo das mudanças curriculares, questões de avaliação, do papel do professor etc.
- ✓ Levantamento de **condutas dos alunos** tendo em vista o ensino habitual (erros, dificuldades, concepções, comportamentos...)
- Esta análise preliminar **permite formular hipóteses** cognitivas e didáticas
- Esta análise preliminar vai **fundamentar** a construção da engenharia didática.

Análise a priori

Nessa fase, o pesquisador deverá decidir sobre quais **variáveis** (didáticas) vai trabalhar

- ✓ **Macro-didáticas** - relativas à organização global da engenharia
- ✓ **Micro-didáticas** - relativas à organização local da engenharia, ou seja, à organização de uma sessão, uma fase ou uma situação específica
 - ✓ Variáveis do problema
 - ✓ Variáveis da situação, ligadas à organização e à gestão do "milieu"

Análise a priori - Controle do sentido

Objetivo da análise a priori: determinar como as escolhas realizadas permitem controlar os comportamentos do aluno e o sentido desses comportamentos.

A análise a priori tem uma parte de **descrição**
e outra de **previsão**

- ✓ Que problema cada aluno tem para resolver?
- ✓ O que o aluno precisa saber para compreender o problema?
- ✓ O que o aluno precisa saber para resolver o problema?
- ✓ Que tipo de controle o aluno tem sobre sua ação?

Elementos de uma análise a priori

- ✓ A sequência didática (as atividades a serem propostas aos alunos)
 - ✓ Descrição e justificativa das escolhas (gerais e particulares)
 - ✓ Estratégias de resolução, corretas ou não, dos problemas propostos acompanhadas das análises de cada uma delas
 - ✓ Antecipar interações possíveis de alunos genéricos e efeitos possíveis nas aprendizagens
 - ✓ Descrever papel do professor (devolução e institucionalização)

Prever comportamentos dos alunos

É a análise a priori que vai dizer se uma situação pode ser vivida como *a-didática*.

Condições para uma situação ser vivida como adidática

- Aluno pode pensar numa resposta inicial (procedimento de base que é relativo aos saberes e conhecimentos anteriores), porém essa não é a resposta desejada, caso contrário não seria uma situação de aprendizagem!

Esse procedimento de base deve mostrar-se rapidamente insuficiente ou ineficaz para que o aluno seja obrigado a realizar acomodações, modificações em seu sistema de conhecimento.

Há incerteza do aluno quanto às decisões a tomar.

O conhecimento visado é, a priori, indispensável para passar da estratégia de base à estratégia “ótima”.

Existe um “*milieu*” (contexto) para validação: o meio permite retroações.

O “jogo” pode ser “repetido” ou reinvestido.

Experimentação

- ✓ Realização da sequência e observação dos alunos e do professor
 - ✓ É esta a sessão prevista? Se não, em quê difere dela? Por quê? Que regras norteiam as interações entre os diferentes sujeitos na turma? É possível identificar as regras estáveis (costumes) e as regras variáveis? Em função de quê?
 - ✓ Estudo das representações dos professores (concepções sobre o saber em jogo e sobre a aprendizagem)

Análise a posteriori e validação

✓ Interna

- ✓ Confronto dos comportamentos iniciais com os do transcurso da aprendizagem (produções dos alunos, provas escritas, entrevistas etc.)
- ✓ Realizada em vários momentos da engenharia didática
- ✓ Confronto entre as análises *a priori* e *a posteriori*
 - ✓ *validação das hipóteses de pesquisa*

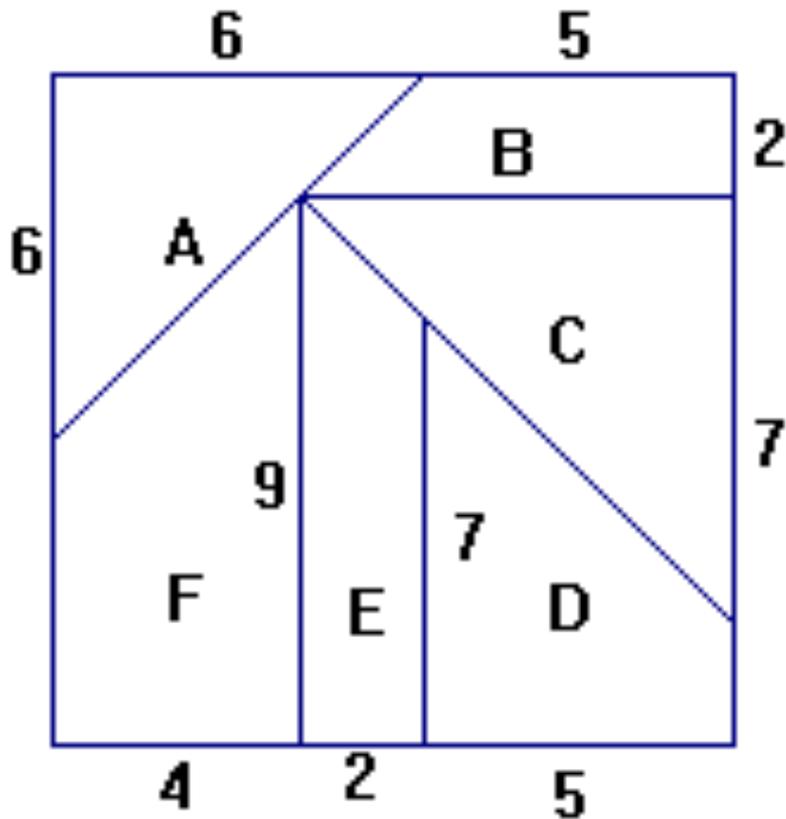
Coleta de dados e observação da engenharia

- Componente pública e privada do trabalho do aluno
- Como fazer para ter acesso de forma mais “segura” ao pensamento privado do aluno?
 - Alunos trabalhando em duplas (ou em grupos maiores), sendo registrados (áudio-gravação, filmagem das sessões), presença de um observador (notas de observação)

Dificuldades na elaboração e realização de uma engenharia didática

- Tempo disponível
- Grupo de pesquisadores envolvidos
 - Condições e recursos humanos e materiais
- Envelhecimento e reprodução – comunicação

Ampliação do Puzzle

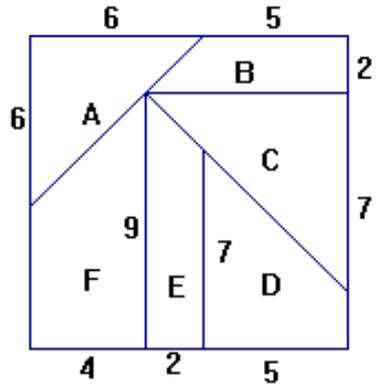


A cada grupo, é disponibilizado um **quebra-cabeça** como o da figura.

E os **materiais**: régua, esquadro, papel quadriculado, papel branco, tesoura etc.

Ampliação do Puzzle

Tarefa proposta pelo Professor:



« Vocês irão recortar um quebra-cabeça para a turma do Fund I. Ele deve ser semelhante ao que foi fornecido, mas ampliado (maior).

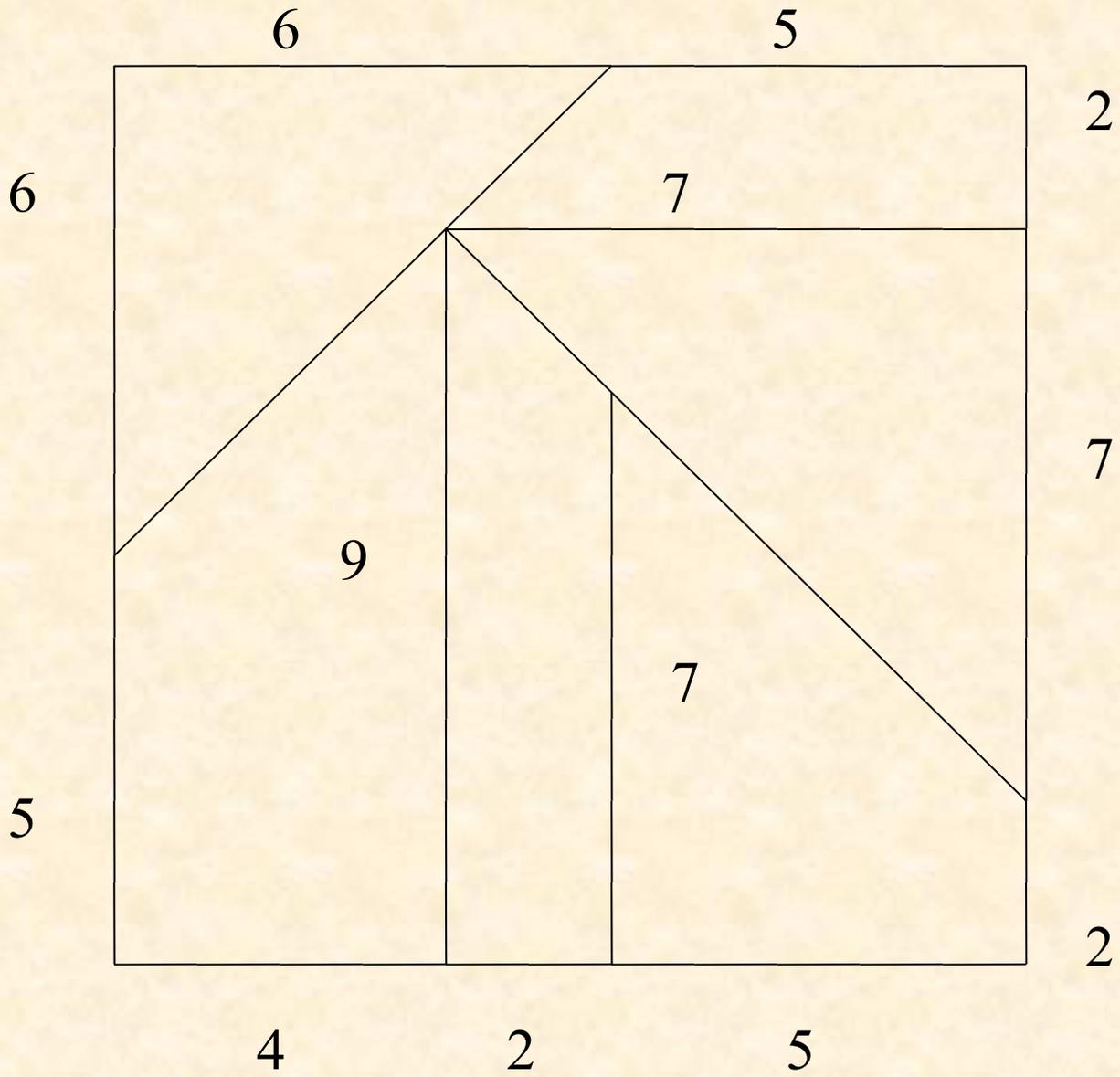
O lado da peça do modelo que mede 4 cm deve medir 7 cm na reprodução que vocês irão fazer.

Em cada grupo, cada integrante amplia uma (ou duas) peças e depois vocês juntam todas as peças. »

Iniciando a Análise a priori

Iniciar a análise *a priori* destacando:

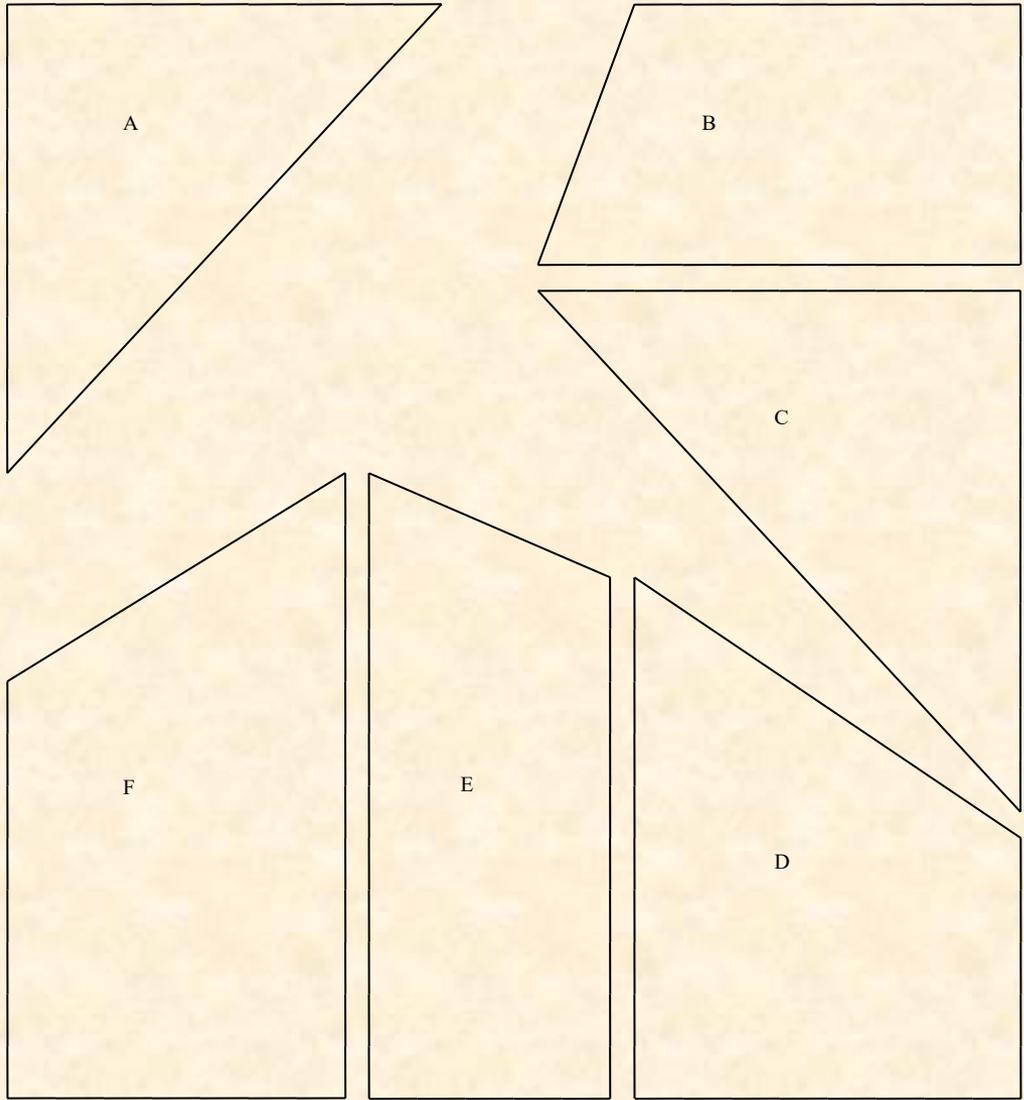
- a) Quais estratégias possíveis – corretas ou não – os alunos podem adotar para realizar a tarefa, com suas justificativas
- b) Quais escolhas, da parte do professor, podem ser observadas nessa tarefa, e como podem ser justificadas.



Uma primeira Ideia

- $2 \rightarrow 2 + 3 = 5$
- $4 \rightarrow 4 + 3 = 7$
- $6 \rightarrow 6 + 3 = 9$

- O que resulta em...



Resultado

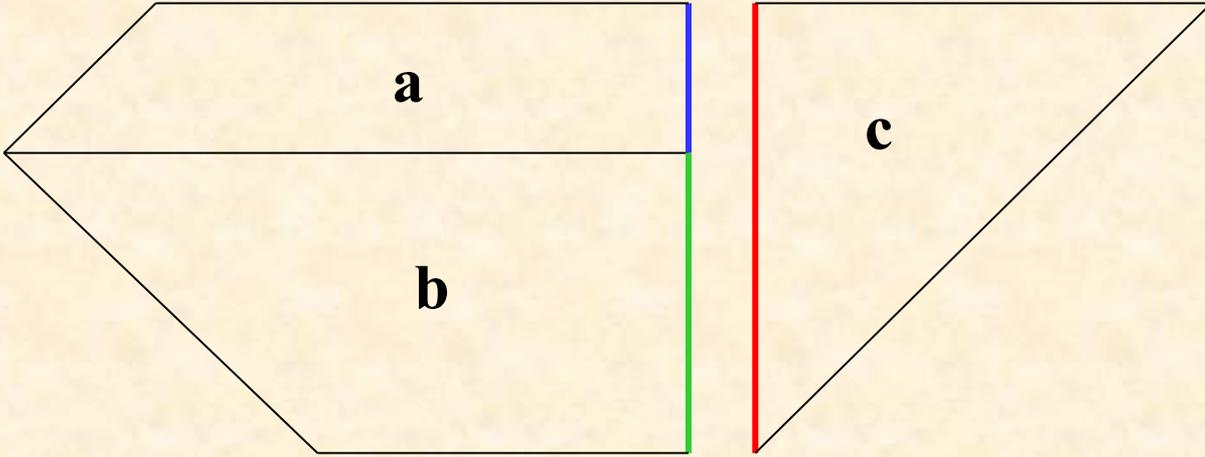
Outras Ideias

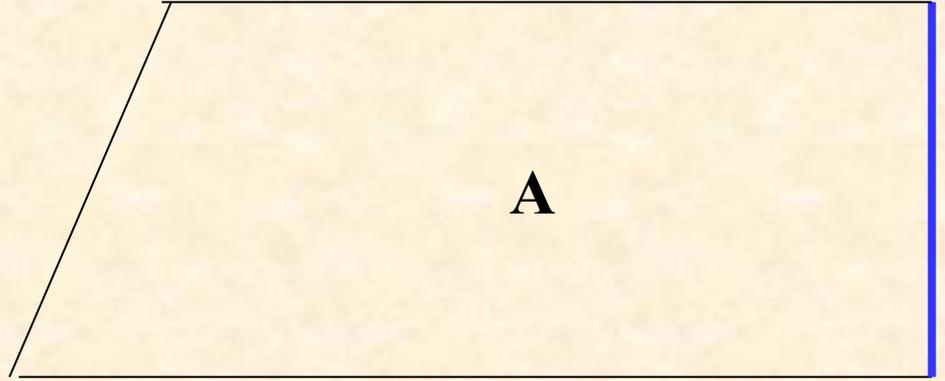
- $4 \rightarrow 7$, então $8 \rightarrow 14$ e também $12 \rightarrow 21$
(A proporcionalidade como modelo familiar,
mas empírico, sem justificativa)

- $4 \rightarrow 2 \times 4 - 1 = 7$
- $6 \rightarrow 2 \times 6 - 1 = 11$
- $2 \rightarrow 2 \times 2 - 1 = 3$

O que parece adequado...

Como também nas peças recortadas (pelos menos perceptivamente!)





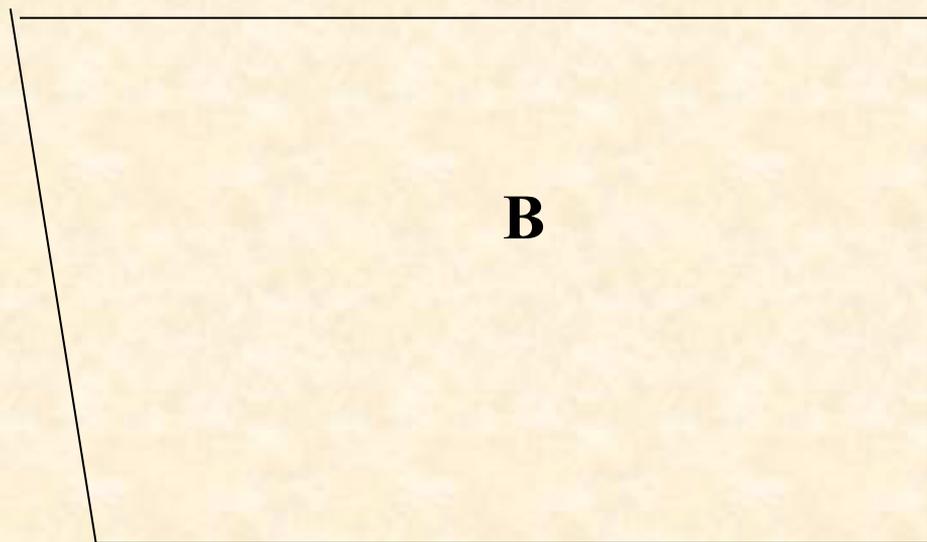
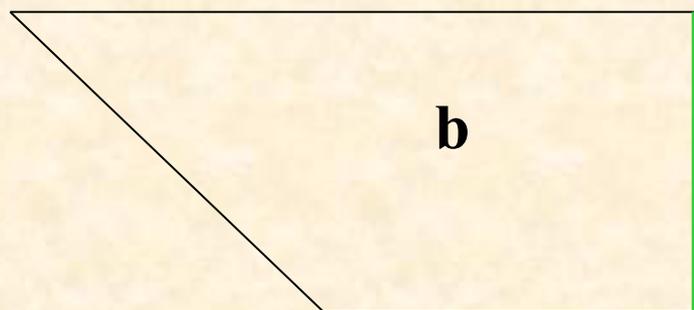


Figura 3c

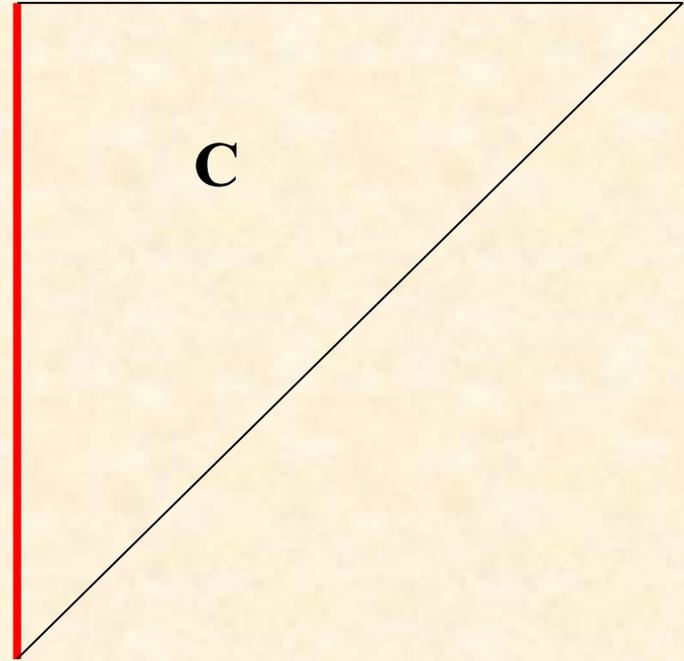
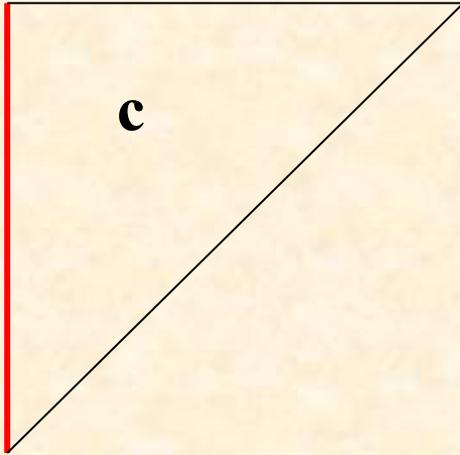


Figura 3d

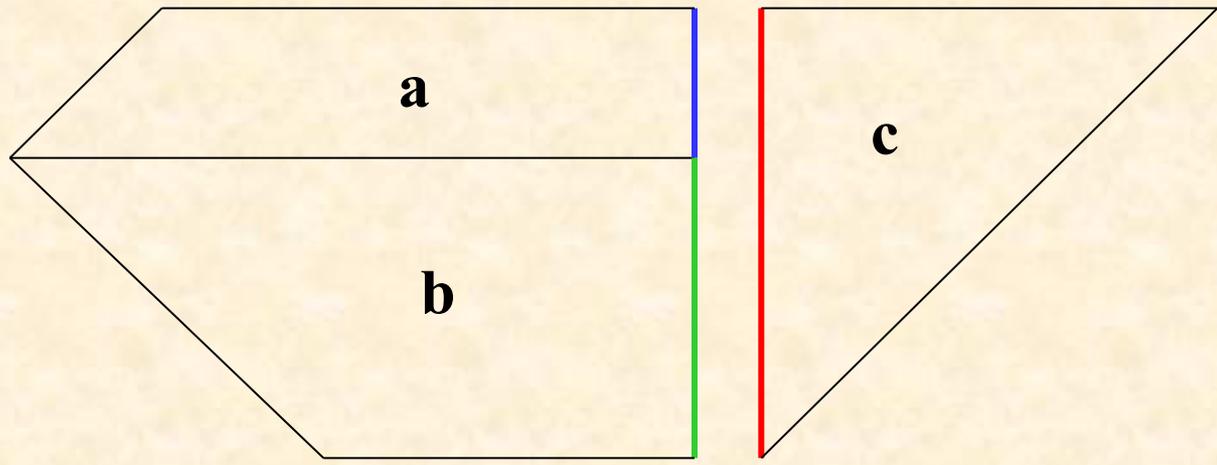


Figura 3e

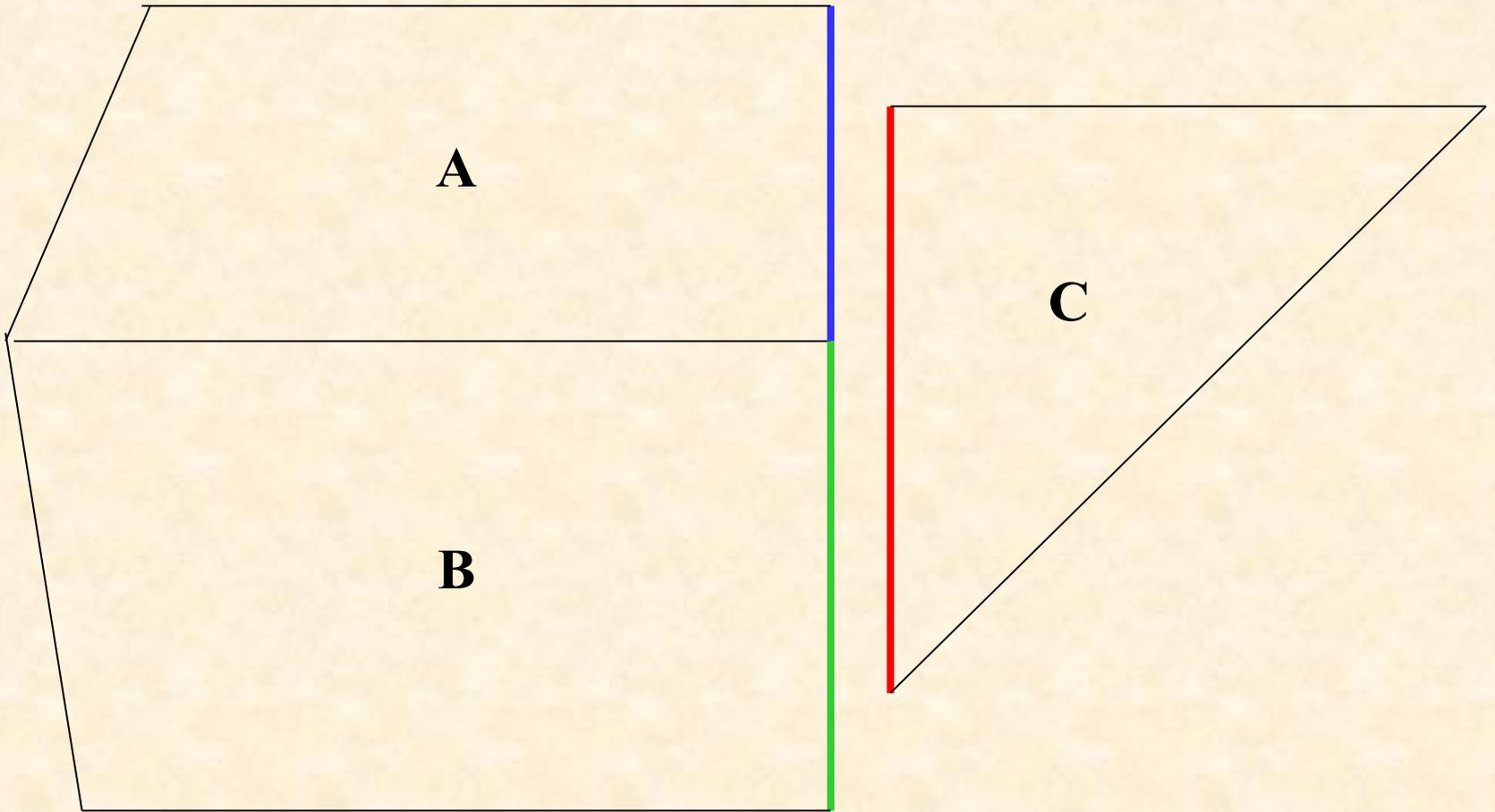
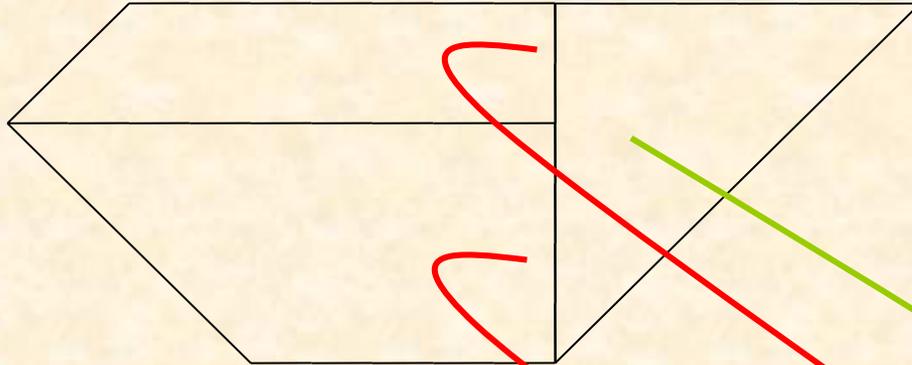


Figure 3f

Por quê?

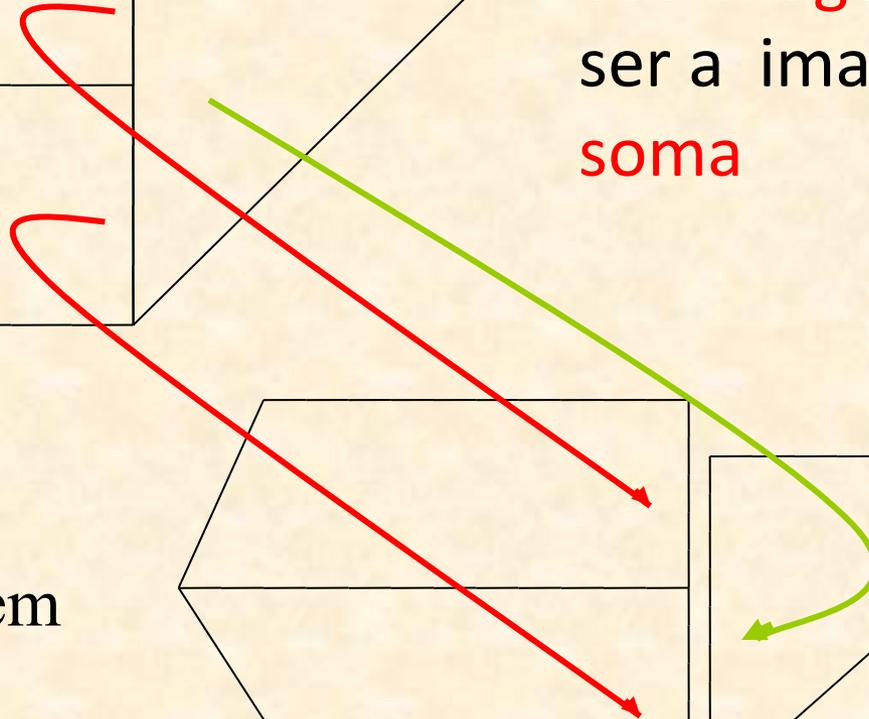
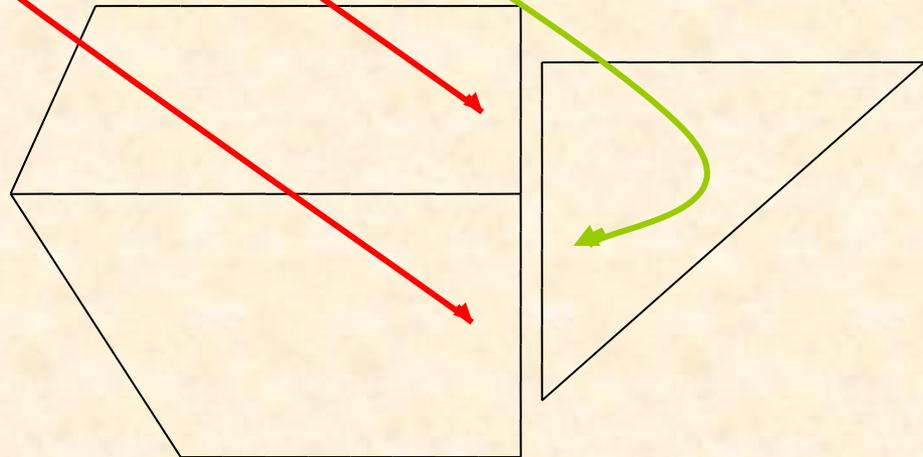
- $2 \rightarrow 2 + 3 = 5$
 - $+ \underline{4} \rightarrow 4 + 3 = \underline{7} +$
 - $6 \rightarrow 6 + 3 = 9$
-
- $2 + 4 = 6$, mas $5 + 7 \neq 9!!$

Modelo



No caso, a soma
das **imagens** deve
ser a imagem **da**
soma

Imagem



- O cálculo final

$$4 \mapsto 7$$

$$1 \mapsto \frac{7}{4}$$

$$\frac{7}{4} = \frac{7 \times 25}{4 \times 25} = \frac{175}{100} = 1,75 \text{ cm}$$

TSD e Engenharia Didática

Referências (fontes primárias):

ARTIGUE, M. Ingénierie didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 9, n° 3, 1990, pp. 281-307.

ARTIGUE, M. Ingénierie Didactique : quel rôle dans la recherche didactique aujourd'hui ? *Les Dossiers des Sciences de l'Education*, n. 8, 2002, pp. 59-72.

BROUSSEAU, G. *Théorie des situations didactiques*. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1998.