LaTeX no MOODLE: um breve guia para o ignaro

Fernando Pestana da Costa
Universidade Aberta, DCET
fcosta@univ-ab.pt

7 de Agosto de 2007

Resumo

Notas introdutória à utilização do LaTeX nos fóruns do MOODLE.

1 Introdução

O LaTeX (em português pronuncia-se *látek*) é um sistema de produção de texto[1] que evoluiu da linguagem TeX, criada no final dos anos 1970 por Donald Knuth. O LaTeX, assim como as suas muitas variantes actualmente existentes (LaTeX 2_ε, AMS-LaTeX, etc), é especialmente adaptado à produção de texto com forte conteúdo matemático e, a nível internacional, a sua utilização para a produção de relatórios, artigos e livros de Matemática é praticamente universal.

Existem imensos recursos *online* sobre o LaTeX (alguns listados na área Matemática Aberta! do MOODLE), mas o objectivo destas breves notas não é o de ensinar a produzir documentos autónomos usando LaTeX. Pretende-se apenas ensinar, a quem não sabe *nada* de LaTeX, o mínimo necessário à sua utilização para escrever texto matemático simples nos fóruns de discussão da plataforma MOODLE.

A aquisição deste tipo de competências é uma condição absolutamente central e necessária (embora claramente não suficiente) para que o ensino de disciplinas de Matemática, ou de áreas das Ciências Exactas que usem fórmulas e simbologia matemática, possa ser bem sucedido em regime *online* e seguindo as indicações metodológicas constantes no novo Modelo Pedagógico da Universidade Aberta.

Para se alcançar este objectivo muito poucas coisas do LaTeX é necessário conhecer: apenas a parte que diz respeito à escrita de fórmulas matemáticas é relevante, ficando de parte toda a parafrenália de comandos que dizem respeito à definição de estilos, formatação, inclusão de figuras, de tabelas, ou de listas, às referências cruzadas e bibliográficas, etc, [3], enfim, tudo o que permite que o leitor esteja a ler o presente texto na sua actual formatação...

[1] Os *latexianos* detestam que chamem ao LaTeX um processador de texto!

2 O Princípio

2.1 Sobre o MOODLE

Supõe-se, obviamente, que o leitor está minimamente familiarizado com a plataforma MOODLE, em particular, tendo entrado numa área de uma disciplina, sabe aceder a um fórum de discussão e, ou iniciar um tópico de discussão, ou responder a participações anteriores. Suponha-se, então, que o leitor acedeu a um tópico de discussão, digamos ao tópico "Começar a escrever LaTeX no MOODLE", onde encontrou a mensagem-desafio apresentada na Figura 1

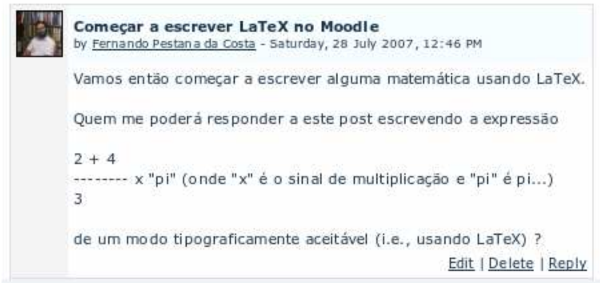


Figura 1: A primeira mensagem-desafio no tópico de discussão "Começar a escrever LaTeX no MOODLE".

Como certamente saberá, para responde a este desafio o leitor precisa de carregar no *Reply,* acção que lhe abrirá um quadro como o apresentado na Figura 2

Mais uma vez, vamos supor que o leitor sabe tudo sobre a produção de texto não-matemático no quadro de *Reply* desconhecendo apenas como pode responder ao desafio proposto: escrever a fracção dada de um modo tipograficamente decente. E é a partir daqui que necessita começar a aprender LaTeX!

A primeira coisa que precisa saber é que

1. para o MOODLE interpretar as instruções LaTeX que venha a escrever, é necessário iniciar e terminar cada conjunto de instruções com `$$`.

Tudo o que escrever entre os grupos de dois cifrões `$$` será interpretado como linha de código LaTeX e o objectivo do resto destas notas é fazer-lhe uma visita guiada (acompanhada de Exercícios de treino!) ao mundo das instruções que lhe serão mais úteis com mais frequência.

2.2 O LaTeX (muito) básico

É conveniente começar por uma advertência prévia: há literalmente alguns milhares de instruções LaTeX (embora muitas delas não sejam normalmente

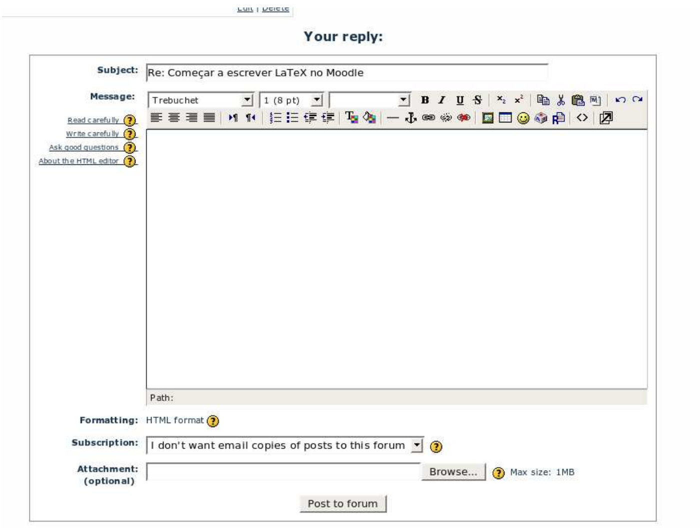


Figura 2: Quadro que surge fazendo *Reply* no quadro da mensagem-desafio da Figura 1.

suportadas no MOODLE) e ninguém no seu devido juízo pensaria em memorizar sequer uma pequena parte delas. Para isso existem imensos livros e locais da internet onde as instruções para os símbolos mais abstrusos podem ser encontradas. A lista mais completa que o autor destas linhas conhece é [4], mas é mais do que duvidoso que o leitor necessite de saber muito mais do que as instruções contidas em [1] e mesmo muitas destas ser-lhe-ão necessárias muito esporadicamente (se alguma vez o forem).

Comecemos então com o que necessita saber para responder à mensagem-desafio da Figura 1.

A primeira coisa que salta à vista é que necessita saber escrever números inteiros, a letra grega pi, os símbolos da soma, da multiplicação e o traço de fracção.

Satisfazer a primeira destas necessidades, isto é, escrever números inteiros, é fácil: para escrever, por exemplo, 2 em LaTeX basta escrever... `2` . O caso das letras gregas também não é particularmente difícil, mas requer que (naturalmente) o leitor saiba o alfabeto grego, visto que as instruções LaTeX que codificam as letras gregas consistem apenas em escrever o nome da respectiva letra (na grafia inglesa) antecedido de uma barra `\`. Por exemplo, escrevendo `\pi` resulta em π.

Este pequeno exemplo permite introduzir o que é provavelmente a característica mais importante das instruções LaTeX (no MOODLE ou fora dele)

2. todas[2] as instruções LaTeX são iniciadas com `\`.

[2]com duas excepções, que referiremos adiante.

Uma outra característica do LaTeX que é importante (e que permite que qualquer utilizador, mais cedo ou mais tarde, memorize uma enorme quantidade de instruções sem qualquer esforço) é que

3. o texto que se segue ao \ está directamente relacionado com o símbolo que a instrução codifica.

O leitor deverá ter presente que o LaTeX foi criado por norte-americanos e portanto as instruções são escritas em inglês. Assim, para codificar a letra grega α a instrução é `\alpha` e não `\alfa`

Atendendo a que as letras gregas são ubíquas em Matemática e em Física e a fim de facilitar a vida ao leitor e o ir habituando ao alfabeto grego, apresentamos na Figura 3 as instruções LaTeX que as codificam. Observe que as instruções das letras gregas maiúsculas presentes na Figura 3 são as mesmas que as minúsculas mas começam com letra maiúscula (e.g., `\Pi` para Π e `\pi` para π). Certas letras não apresentam instruções para maiúsculas porque a sua versão maiúscula coincide com a correspondente letra no alfabeto latino (e.g., a versão maiúscula de β é B) e a letra grega "omicron" é codificada com a vogal latina "o" e, portanto, não necessita de \. Por último, cinco letras minúsculas apresentam duas grafias alternativas, ambas de uso comum (e.g., ϕ e φ para a letra "fi", ou "phi" em inglês). Veja na Figura 3 como, nesses casos, são codificadas as duas versões da mesma letra.

α	`\alpha`	θ	`\theta`	o	`o`	τ	`\tau`
β	`\beta`	ϑ	`\vartheta`	π	`\pi`	υ	`\upsilon`
γ	`\gamma`	ι	`\iota`	ϖ	`\varpi`	ϕ	`\phi`
δ	`\delta`	κ	`\kappa`	ρ	`\rho`	φ	`\varphi`
ϵ	`\epsilon`	λ	`\lambda`	ϱ	`\varrho`	χ	`\chi`
ε	`\varepsilon`	μ	`\mu`	σ	`\sigma`	ψ	`\psi`
ζ	`\zeta`	ν	`\nu`	ς	`\varsigma`	ω	`\omega`
η	`\eta`	ξ	`\xi`				

Γ	`\Gamma`	Λ	`\Lambda`	Σ	`\Sigma`	Ψ	`\Psi`
Δ	`\Delta`	Ξ	`\Xi`	Υ	`\Upsilon`	Ω	`\Omega`
Θ	`\Theta`	Π	`\Pi`	Φ	`\Phi`		

Figura 3: Instruções LaTeX para as letras do alfabeto grego.

Para completar o que precisamos saber a fim de respondermos à mensagem-desafio basta apenas saber como representar os símbolos das operações algébricas básicas.

A adição e a subtracção são simples: basta usar o $+$ e $-$ do teclado do computador. A multiplicação é diferente: se escrever a letra "x" ela parecerá ser... a letra "x" e não o almejado símbolo da multiplicação! Para este último terá de escrever `\times` (ou seja “vezes”, em inglês), o que resultará em $\times$. É usual em matemática abreviar o símbolo de multiplicação para um ponto, escrevendo, por exemplo, $2 \cdot x^2$ em vez de $2 \times x^2$. Mais uma vez aqui, se o leitor escrever o ponto “.” vai obter qualquer coisa como um ponto final. O ponto da multiplicação é um ponto centrado em relação à mancha gráfica da linha em que está escrito, e não na parte inferior dessa mancha. Para tal, a instrução a usar é `\cdot` (`c` de “centrado” e `dot` de “ponto”, em inglês). Vem a propósito observar que a instrução `\cdots` produz três pontos centrados, e a instrução `\ldots` três pontos na posição inferior (`l` de “lower”) da linha, como umas reticências (cf. Figura 8).

Falta, por fim, o traço de fracção. A ideia da instrução que codifica o traço de fracção é que este só tem sentido quando acompanhado do numerador e do denominador. A instrução LaTeX reflete isso mesmo: para escrever uma fracção com A no numerador e B no denominador a instrução é `\frac{A}{B}` (`frac` de “fraction”, ou “fracção, seguido, entre chavetas `{ }`, dos símbolos que irão no numerador e depois, também entre chavetas, do que irá no denominador).

Nesta altura o leitor está na posse de tudo o que necessita para responder à mensagem-desafio. Indo ao quadro do MOODLE na Figura 2 e escrevendo as instruções LaTeX que acabou de aprender teria algo com o que se apresenta na Figura 4

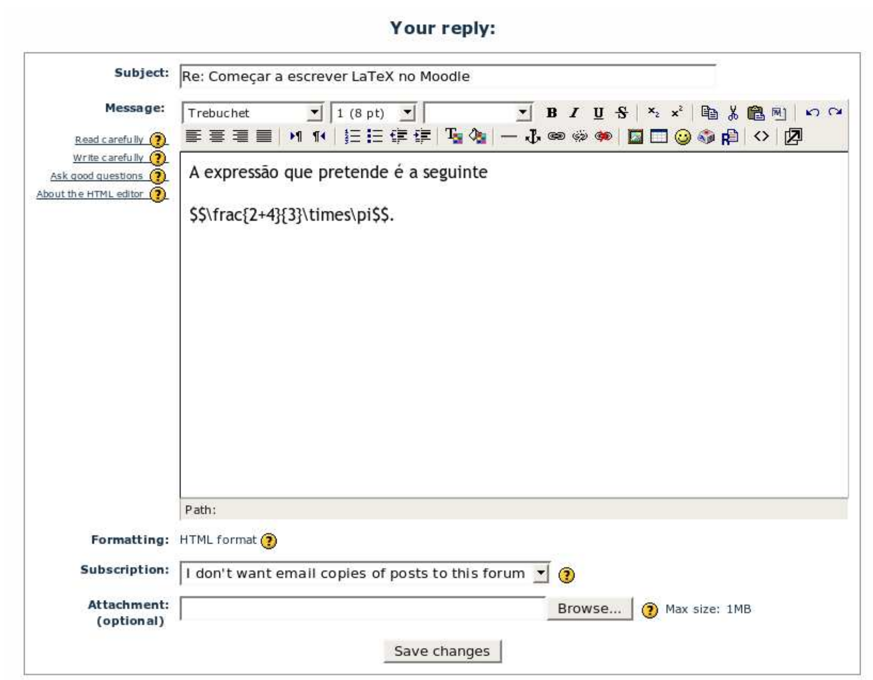


Figura 4: Respondendo à mensagem-desafio da Figura 1.

Carregando em "Post to Forum" coloca a sua contribuição no fórum de discussão, acto que força o MOODLE a interpretar as suas instruções LaTeX. A mensagem que será lida no fórum tem, assim, o aspecto apresentado na Figura 5.

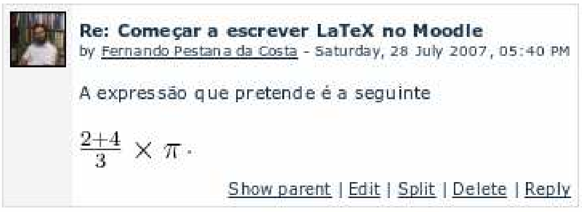


Figura 5: Resposta à mensagem-desafio da Figura 1.

Uma característica interessante do MOODLE que poderá ser útil ao neófito em LaTeX é que, deslocando o rato sobre uma fórmula produzida usando LaTeX, surge o código que a originou (Figura 6). Se bem que sem grande interesse para alguém que pretenda escrever uma fórmula *que ainda não está escrita*, esta característica é um auxiliar interessante para quem esteja a aprender estudando exemplos já existentes.

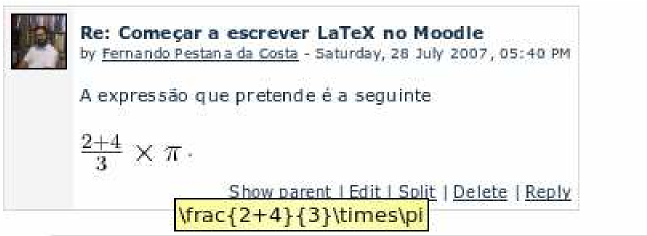


Figura 6: Caixa com as instruções LaTeX que surge quando se coloca o rato sobre uma fórmula.

Completámos deste modo a resposta à mensagem-desafio. Antes de terminarmos esta Secção e de prosseguirmos a nossa visita, deixamos ao leitor o seguinte desafio:

Exercício 1
Escreva as instruções LaTeX que produzem os seguintes resultados no MOODLE*:*

1. $3 \times 6 = 18 = \dfrac{36}{2} = \dfrac{1+1+\cdots+1+1}{2}$

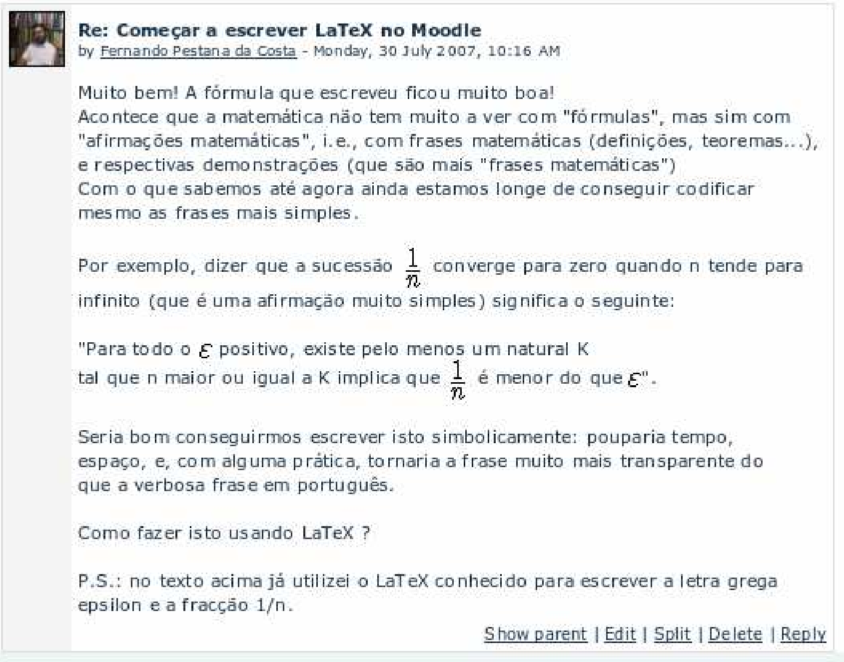
2. $\dfrac{\frac{2}{7}+\xi}{x-\frac{1}{\sigma}}$

3. Σωχρατους foi um filósofo grego extremamente importante.

3 Mais LaTeX: operações e relações

Na Secção anterior vimos quais as instruções para as quatro operações aritméticas elementares. Em Matemática são, obviamente, utilizadas muitas outras operações e relações e é para introduzir o leitor às correspondentes instruções LaTeX que servirá a presente Secção.

Comecemos com mais uma mensagem-desafio (Figura 7).



Re: Começar a escrever LaTeX no Moodle
by Fernando Pestana da Costa - Monday, 30 July 2007, 10:16 AM

Muito bem! A fórmula que escreveu ficou muito boa!
Acontece que a matemática não tem muito a ver com "fórmulas", mas sim com "afirmações matemáticas", i.e., com frases matemáticas (definições, teoremas...), e respectivas demonstrações (que são mais "frases matemáticas")
Com o que sabemos até agora ainda estamos longe de conseguir codificar mesmo as frases mais simples.

Por exemplo, dizer que a sucessão $\frac{1}{n}$ converge para zero quando n tende para infinito (que é uma afirmação muito simples) significa o seguinte:

"Para todo o ε positivo, existe pelo menos um natural K
tal que n maior ou igual a K implica que $\frac{1}{n}$ é menor do que ε".

Seria bom conseguirmos escrever isto simbolicamente: pouparia tempo, espaço, e, com alguma prática, tornaria a frase muito mais transparente do que a verbosa frase em português.

Como fazer isto usando LaTeX ?

P.S.: no texto acima já utilizei o LaTeX conhecido para escrever a letra grega epsilon e a fracção 1/n.

Show parent | Edit | Split | Delete | Reply

Figura 7: Mais uma mensagem-desafio: como escrever a frase simbolicamente?

O leitor já sabe alguma coisa: já sabe que a letra grega epsilon que surge escrita na mensagem-desafio é codificada por `\varepsilon` (cf. Figura 3) e também sabe qual a instrução que gera a fracção $\frac{1}{n}$.

Avancemos, então, para o que o leitor (ainda) não sabe.

As duas primeiras coisas que lhe ocorreram podem muito bem ter sido os símbolos de "para todo" e "existe pelo menos um", i.e., os quantificadores universal, $\forall$, e existencial, $\exists$, cuja utilização é ubíqua em qualquer ramo da Matemática. As instruções para estes símbolos são muito simples: para $\forall$ é `\forall` (de `for all`, "para todo") e para $\exists$ é `\exists` (de "existe [pelo menos um]", em inglês)

Estas duas instruções são parte de um grupo de símbolos de tipos variados que coligimos na Figura 8. Alguns destes símbolos são francamente mais úteis que outros: por exemplo, além dos quantificadores e dos conjuntos de três pontos (a que já nos tinhamos referido na Secção 2.2), o símbolo $\emptyset$ para conjunto vazio (`empty set`), embora haja quem prefira $\varnothing$, obtido com `\varnothing`, a notação $\|$ para norma, ∇ para o operador gradiante (nabla), ∂ para a derivada parcial (`partial`, em inglês) e ∞ para infinito (de "infinity"), são de uso muito comum.

$\ldots$	`\ldots`	$\cdots$	`\cdots`	$\vdots$	`\vdots`	$\ddots$	`\ddots`
$\aleph$	`\aleph`	$\prime$	`\prime`	$\forall$	`\forall`	∞	`\infty`
$\hbar$	`\hbar`	$\emptyset$	`\emptyset`	$\exists$	`\exists`	$\spadesuit$	`\spadesuit`
$\imath$	`\imath`	∇	`\nabla`	$\neg$	`\neg`	$\heartsuit$	`\heartsuit`
$\jmath$	`\jmath`	$\surd$	`\surd`	$\flat$	`\flat`	$\diamondsuit$	`\diamondsuit`
ℓ	`\ell`	$\top$	`\top`	$\natural$	`\natural`	$\clubsuit$	`\clubsuit`
$\wp$	`\wp`	$\bot$	`\bot`	$\sharp$	`\sharp`	∂	`\partial`
$\Re$	`\Re`	$\|$	`|`	$\backslash$	`\backslash`	$\triangle$	`\triangle`
$\Im$	`\Im`	$\angle$	`\angle`	$.$	`.`	$\vert$	`|`

Figura 8: Instruções LaTeX para diversos símbolos de tipos diferentes.

Prosseguindo a leitura da frase na mensagem-desafio da Figura 7, o leitor certamente reparou que a frase refere o conjunto dos "naturais". Este conjunto, tal como os dos inteiros, $\mathbb{Z}$, racionais, $\mathbb{Q}$, reais, $\mathbb{R}$, e complexos, $\mathbb{C}$, são extremamente usuais e têm os símbolos próprios que acabámos de relembrar, cujas representações usando LaTeX são conseguidas pela instrução `\mathbb{ }` (de "blackboard bold mathematics"), onde entre chavetas é escrita a letra correspondente, por exemplo `\mathbb{N}` para o conjunto dos naturais $\mathbb{N}$.

Para escrevermos que K é um natural, ou pertence ao conjunto dos naturais, $\mathbb{N}$, há, é claro, a notação tradicional da teoria de conjuntos, $K \in \mathbb{N}$. O símbolo $\in$ é codificado por `\in` (de "em", em inglês). Convém notar que o leitor *não deve* confundir $\in$ com a letra grega epsilon em qualquer das suas grafias, ϵ ou ε: são coisas diferentes, que o LaTeX distingue e que o leitor deverá conservar distintas!

O símbolo $\in$ é um dos muitos símbolos de relações que o LaTeX permite representar. Outros, de uso extremamente comum, são apresentados na Figura 9.

Observe que os sinais de "igual a" $(=)$, "menor que" $(<)$ e "maior que" $(>)$ são obtidos directamente do teclado do computador, mas as instrucções para "menor ou igual" é `\leq` (de "less or equal") e para "maior ou igual" é `\geq` (de "greater or equal").

Ainda sobre os símbolos para representar relações, convém saber que a

$\leq$	`\leq`	$\geq$	`\geq`	$\equiv$	`\equiv`	$\models$	`\models`
$\prec$	`\prec`	$\succ$	`\succ`	$\sim$	`\sim`	$\perp$	`\perp`
$\preceq$	`\preceq`	$\succeq$	`\succeq`	$\simeq$	`\simeq`	$\mid$	`\mid`
$\ll$	`\ll`	$\gg$	`\gg`	$\asymp$	`\asymp`	$\parallel$	`\parallel`
$\subset$	`\subset`	$\supset$	`\supset`	$\approx$	`\approx`	$\bowtie$	`\bowtie`
$\subseteq$	`\subseteq`	$\supseteq$	`\supseteq`	$\cong$	`\cong`	$\propto$	`\propto`
$\neq$	`\neq`	$\smile$	`\smile`	$\vdash$	`\vdash`	$\dashv$	`\dashv`
$\sqsubseteq$	`\sqsubseteq`	$\sqsupseteq$	`\sqsupseteq`	$\doteq$	`\doteq`	$\frown$	`\frown`
$\in$	`\in`	$\ni$	`\ni`	$=$	`=`	$>$	`>`
$<$	`<`	$:$	`:`				

Figura 9: Instruções LaTeX para relações.

escrita da instrução `\not` antes que uma outra qualquer instrução (ou letra) gera um traço / sobre o que vem a seguir. Assim, por exemplo `\not\subset` produz $\not\subset$ ("não é um subconjunto de"), e `\not\in` origina $\not\in$ ("não pertence a"). O símbolo $\neq$ pode também ser produzido por "`\not =`" mas é de tal maneira vulgar que mereceu um símbolo próprio: `\neq` (de "not equal").

Para podermos escrever simbolicamente a frase da mensagem-desafio da Figura 7 resta-nos saber como se escreve "implica". O símbolo que codifica a implicação faz parte da família das "setas" (ou, em inglês, "arrows") que são de utilização extremamente comum em todos os ramos da matemática (para simbolizar as mais variadas coisas, como por exemplo os conceitos de implicação, convergência, aplicação, etc). A Figura 10 apresenta as mais vulgares.

$\leftarrow$	`\leftarrow`	$\longleftarrow$	`\longleftarrow`	$\uparrow$	`\uparrow`
$\Leftarrow$	`\Leftarrow`	$\Longleftarrow$	`\Longleftarrow`	$\Uparrow$	`\Uparrow`
$\rightarrow$	`\rightarrow`	$\longrightarrow$	`\longrightarrow`	$\downarrow$	`\downarrow`
$\Rightarrow$	`\Rightarrow`	$\Longrightarrow$	`\Longrightarrow`	$\Downarrow$	`\Downarrow`
$\leftrightarrow$	`\leftrightarrow`	$\longleftrightarrow$	`\longleftrightarrow`	$\updownarrow$	`\updownarrow`
$\Leftrightarrow$	`\Leftrightarrow`	$\Longleftrightarrow$	`\Longleftrightarrow`	$\Updownarrow$	`\Updownarrow`
$\mapsto$	`\mapsto`	$\longmapsto$	`\longmapsto`	$\nearrow$	`\nearrow`
$\hookleftarrow$	`\hookleftarrow`	$\hookrightarrow$	`\hookrightarrow`	$\searrow$	`\searrow`
$\leftharpoonup$	`\leftharpoonup`	$\rightharpoonup$	`\rightharpoonup`	$\swarrow$	`\swarrow`
$\leftharpoondown$	`\leftharpoondown`	$\rightharpoondown$	`\rightharpoondown`	$\nwarrow$	`\nwarrow`

Figura 10: Instruções LaTeX para diversos tipos de setas.

Convém notar algumas regularidades neste zoo de setas, o que ajudará certamente o leitor a relembrar a instrução correspondente quando dela necessitar:

(i) `left` gera setas para a esquerda, `right` para a direita e `leftright` gera-as em ambos os sentidos, e de modo semelhante para `up` e `down`.

(ii) `long` gera setas mais longas que o tamanho regular.

(iii) Iniciando a instrução com maiúscula gera uma seta dupla.

(iv) Algumas instruções podem parecer algo cripticas, mas são, de facto, muito naturais, desde que a lógica que presidiu ao seu baptismo seja identificada. Por exemplo a instrução para $\swarrow$ é `\swarrow` porque a seta aponta para "sudoeste" ("south west arrow").

Para o presente desafio necessitamos apenas da seta que codifica a implicação na frase da Figura 7, ou seja $\Rightarrow$, produzida por `\Rightarrow` .

O leitor tem agora tudo para responder à mensagem-desafio: Indo ao MOODLE, carregando no *Reply*, escrevendo o que está no topo da Figura 11 e submetendo a resposta, resulta no que surge na metade inferior da Figura 11.

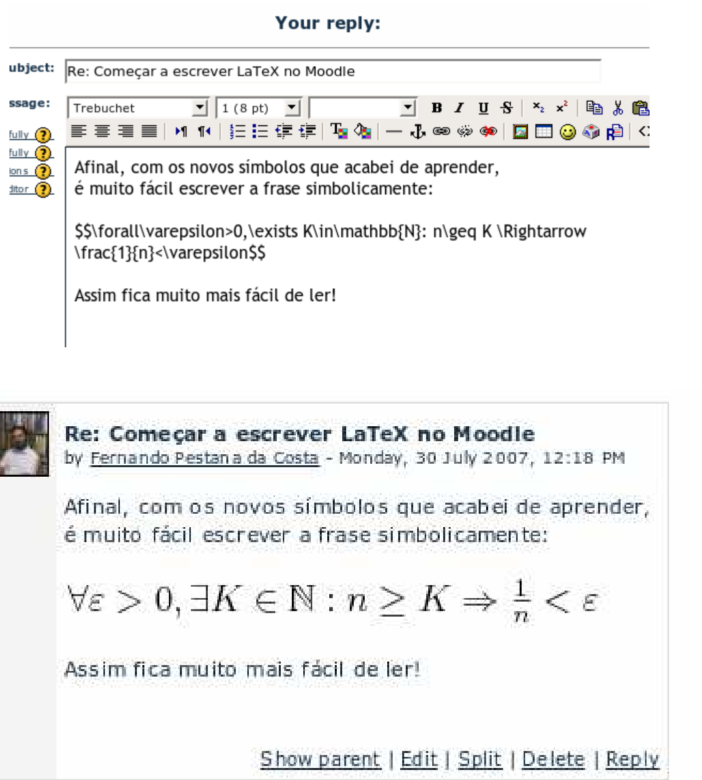


Figura 11: A resposta à mensagem-desafio da Figura 7.

Para terminar esta Secção iremos completar um pouco o conhecimento que o leitor tem sobre a codificação LaTeX das operações matemáticas mais usuais. Até agora o leitor viu, na Secção anterior, quais as instruções para as operações básicas da aritmética $+, -, \times$ e o traço de fracção para a divisão.

Na Figura 12 apresentamos um conjunto de símbolos de uso comum.

$\pm$	`\pm`	$\cap$	`\cap`	$\diamond$	`\diamond`	$\oplus$	`\oplus`
$\mp$	`\mp`	$\cup$	`\cup`	$\bigtriangleup$	`\bigtriangleup`	$\ominus$	`\ominus`
$\times$	`\times`	$\uplus$	`\uplus`	$\bigtriangledown$	`\bigtriangledown`	$\otimes$	`\otimes`
$\div$	`\div`	$\sqcap$	`\sqcap`	$\triangleleft$	`\triangleleft`	$\oslash$	`\oslash`
$\ast$	`\ast`	$\sqcup$	`\sqcup`	$\triangleright$	`\triangleright`	$\odot$	`\odot`
$\star$	`\star`	$\vee$	`\vee`	$\bigcirc$	`\bigcirc`	$\amalg$	`\amalg`
$\circ$	`\circ`	$\wedge$	`\wedge`	$\dagger$	`\dagger`	$\wr$	`\wr`
$\bullet$	`\bullet`	$\setminus$	`\setminus`	$\ddagger$	`\ddagger`	$\cdot$	`\cdot`
$+$	`+`	$-$	`-`				

Figura 12: Instruções LaTeX para operações binárias.

Alguns destes símbolos não serão muito utilizados, mas vários outros, como por exemplo os símbolos de reunião, $\cup$, e de intersecção, $\cap$, de conjuntos[3], o asterisco $*$ (usado, por exemplo, para simbolizar o produto de convolução), o símbolo de composição de funções $\circ$ (não confundir com a vogal minúscula "o"), ou os símbolos $\vee$ e $\wedge$ (o "ou" e o "e", em lógica; o último usado também em geometria diferencial para representar o produto exterior), são vulgarmente utilizados e o leitor memoriza-los-à sem grande esforço.

Tal como o leitor já deve ter reparado, também estas instruções têm uma designação normalmente óbvia, por exemplo: $\pm$ é obtido com `\pm` (de "plus or minus"), $\cup$ com `\cup` (de "taça", em inglês), ou $\cap$ com `\cap` (de "boné", em inglês).

Por agora ficamos por aqui, concluindo esta Secção com o seguinte desafio:

Exercício 2
Escreva as instruções LaTeX que produzem os seguintes resultados no MOODLE*:*

1. $\mathbb{N} \subset \mathbb{Z} \subset \mathbb{Q} \subset \mathbb{R} \subset \mathbb{C}$
2. $\mathbb{C} \setminus \mathbb{R} \neq \emptyset$ (Nota: no membro esquerdo está uma operação binária sobre conjuntos).
3. $(f \circ g)(x) = f(g(x)), \forall x \in X$
4. $(p \Rightarrow q) \Longleftrightarrow ((\neg p) \vee q)$

[3] voltaremos a falar dos símbolos para estas operações mais à frente nestas notas.

4 Escrita de símbolos sobrescritos ou subescritos

Nesta Secção veremos algumas instruções de uso frequente relacionadas com a escrita de símbolos acima ou abaixo de outros previamente existentes, o que é extraordinariamente importante para a escrita dos usuais textos em Matemática ou em Física.

Suponha o leitor que após ter respondido correctamente à mensagem-desafio da Secção anterior, o responsável do fórum responde-lhe com o que surge na Figura 13.

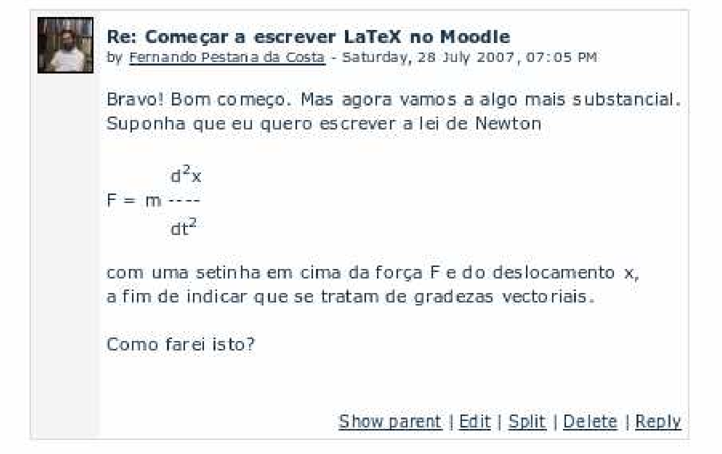


Figura 13: A terceira mensagem-desafio.

Obviamente que as dificuldades deste desafio são apenas duas: como escrever uma "setinha" em cima das letras "F" e "x" e como fazer os "2" em expoente na notação de Leibnitz para a derivada. Tudo o resto já é conhecido das Secções anteriores.

Há aqui, basicamente, dois tipos de situações importantes: a escrita em índice (tal como o "2" na Figura 13) e a escrita exactamente sobre ou sob a linha (como as tais "setinhas" que queremos escrever sobre "F" e sobre "x").

O primeiro caso é de longe o mais vulgar e o mais fácil de resolver: a instrução LaTeX para escrever um índice *sobrescrito* (tipo expoente) é `^{ }`, onde entre as chavetas se escreve o que surgirá em expoente. Por exemplo, para fazer surgir d^2 a instrução é `d^{2}`. Para escrever um índice *subescrito* a instrução é muito semelhante: basta substituir `^` por `_`. Assim, se pretendermos escrever, por exemplo, u_{2n+1}, a instrução será `u_{2n+1}`.

Observe-se que estas são praticamente as únicas instruções LaTeX que *não* se iniciam por `\`.

A fim de abreviar a escrita, o LaTeX aceita que a seguir ao símbolo `^` ou `_` não seja escrito `{ }`, mas neste caso a convenção e que apenas o símbolo imediatamente a seguir a `^` ou `_` deve ser considerado como parte do sobrescrito ou do subescrito: por exemplo, para escrever 2^3y a instrução tanto pode ser `2^{3}y` como `2^3y`, mas se pretendermos escrever 2^{3y} temos de forçar o LaTeX a reconhecer $3y$ como parte do expoente e para isto não há outra maneira que não seja escrever `2^{3y}`.

A escrita de símbolos exactamente por cima ou por baixo de outros símbolos é uma operação em geral mais delicada. No entanto, para certos símbolos de uso corrente, existem instruções de que nos podemos socorrer; vejamos alguns destes casos.

Para escrever a "setinha" a instrução é `\vec{ }` (`vec` de "vector"), onde entre as chavetas se escreverá aquilo que fica por baixo da seta. O sistema é suficientemente bem desenhado para que a seta cubra todo o símbolo que está entre chavetas, mesmo que este seja bastante longo.

Assim, temos agora tudo para responder à mensagem-desafio da Figura 13. Carregando em "Post to Forum", a sua contribuição vai para o fórum de discussão e será visualisada como na Figura 15,

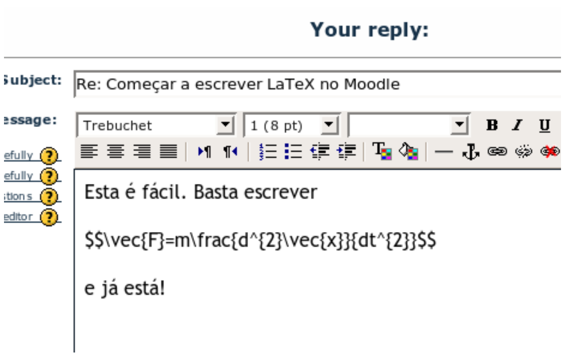


Figura 14: Respondendo à segunda mensagem-desafio.

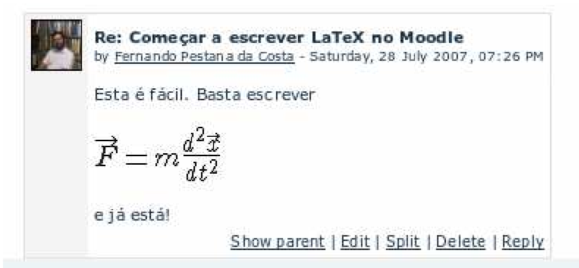


Figura 15: A resposta à segunda mensagem-desafio.

Se o leitor pretender escrever a fórmula na mesma linha do texto, e não numa linha à parte, não tem mais do que não mudar de linha quando está

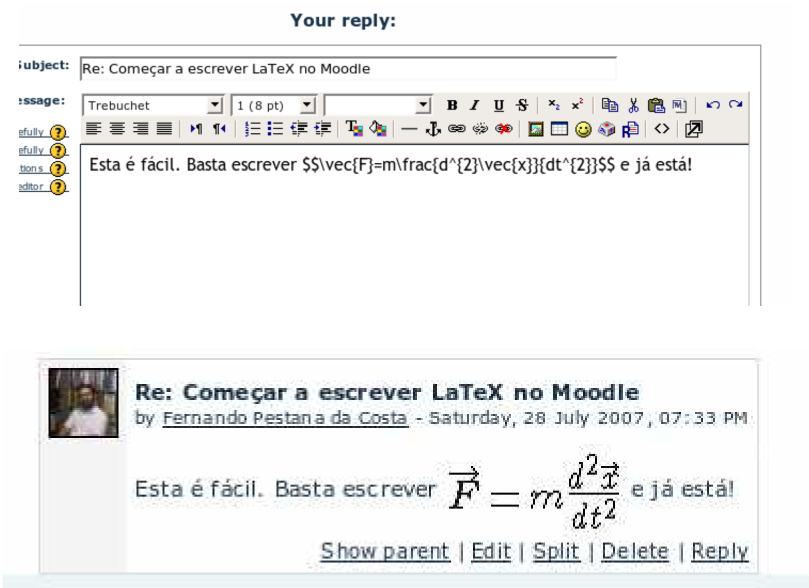


Figura 16: A resposta à terceira mensagem-desafio, desta feita com a equação escrita na linha de texto.

a escrever, tal como se indica na Figura 16.

Antes de deixarmos este assunto, iremos referir-nos a algumas outras instruções análogas a `\vec{ }` que são de aplicação corrente.

Uma primeira, muito usada em Análise Complexa, é a barra por cima dum símbolo (que em análise complexa designa o complexo conjugado). O LaTeX tem duas instruções que produzem esse resultado: `\bar{ }` e `\overline{ }`. A primeira delas gera apenas uma pequena barra, independentemente do tamanho do símbolo que esteja por baixo. A segunda gera uma barra de tamanho variável que cobre a totalidade dos símbolos englobados entre as chavetas do comando. Por exemplo, para obtermos $\overline{2+3i}=2-3i$ teremos de escrever `\overline{2+3i}=2-3i`. Mesmo quando se trata de cobrir com uma barra uma única letra ou símbolo, as duas instruções produzem resultados ligeiramente diferentes (experimente escrever `\bar{y}` e `\overline{y}` e atente nas diferenças). Também útil em algumas situações é a instrução `\underline{ }` para gerar barras inferiores, do tipo dos sublinhados.

Outro caso, bastante popular, por exemplo, em Análise Harmónica, é o acento circunflexo (que serve aí para designar a transformada de Fourier). A instrução que resulta em $\hat{f}$ é `\hat{f}` (`hat` de chapéu, em inglês), mas o acento circunflexo não é elástico: se o que vier sob o acento tiver uma extensão de dois a quatro caracteres convém usar a instrução `\widehat{ }`, para que o acento cubra os caracteres em causa.

Analogamente, para colocar um til sobre uma expressão escreva `\tilde{ }` (`tilde` é til em inglês) ou `\widetilde{ }` .

É por vezes importante agrupar elementos de uma fórmula escrevendo uma chaveta horizontal por cima ou por baixo dos elementos a agrupar. Por exemplo tal como em

$$\underbrace{1+1+\cdots+1+1}+2+3+4.$$

Isto consegue-se com a instrução `\underbrace{ }` contendo entre chavetas aquilo que queremos que seja agrupado. Assim, para a linha acima teríamos de escrever `\underbrace{1+1+\cdots +1+1}+2+3+4` (a instrução `\overbrace{ }` faz a chaveta *sobre* a expressão.

Quando agrupamos termos com chavetas, necessitamos em geral de colocar algum comentário aos agrupamento. Por exemplo, suponhamos que na expressão anterior temos uma adição de 9 parcelas iguais a 1. Se não indicarmos isso explicitamente será completamente inútil o agrupamento. Pretendendo escrever

$$\underbrace{1+1+\cdots+1+1}_{\text{9 parcelas}}+2+3+4.$$

a instrução `\underbrace{ }` é ligeiramente modificada passando a ser escrita como `\underbrace{ }_{ }` onde no segundo grupo de chavetas será escrito, neste exemplo, "9 parcelas". Para `\overbrace{ }` o grupo opcional `_{ }` é mudado para `^{ }` , visto que o comentário terá de ser escrito *acima* da chaveta horizontal que produz o agrupamento.

Antes de seguirmos para as funções deixamos aqui alguns exercícios:

Exercício 3
Escreva as instruções LaTeX que produzem o seguintes resultados no MOODLE*:*

1. $x^{10^{-3}}$
2. $\widehat{f-g}(x) \times h(\hat{y})$
3. $\vec{F}_{2^n-1} - \vec{F}_{2^{n-1}}$ *(Atenção à posição dos expoentes nos índices!)*
4. $\underbrace{a+b+\overbrace{c+\cdots+x+y}^{23}+z}_{26}.$

5 Em torno dos símbolos LaTeX para funções

Chegamos agora à altura em que necessitamos de introduzir as instruções LaTeX para as funções matemáticas que o leitor deverá encontrar mais frequentemente, começando com as potências e as raízes, as funções trigonométricas, exponenciais, hiperbólicas e respectivas inversas.

Também nesta altura vem a propósito introduzir um determinado número de símbolos intimamente relacionados com as funções, como as notações para a derivação, integração, séries e outras operações usuais sobre funções.

5.1 Potências, exponenciais e raízes

A escrita de potências e de exponenciais é feita recorrendo ao uso de sobrescritos, do modo que se indicou na Secção anterior: por exemplo, para obter o monómio x^2 basta escrever a instrução `x^{2}`, como, aliás, já fizemos para responder à mensagem-desafio da Figura 13. A exponencial é, normalmente, conseguida do mesmo modo: e^{-3} é gerada por `e^{-3}`. Por vezes, é conveniente escrever esta exponencial de base e não em sobrescrito mas na mesma linha de texto, como $\exp(-3)$, o que é conseguido usando a instrução `\exp` seguido dos parentesis escolhidos (neste caso curvos) e do conteúdo que se pretender escrever.

Este comando `\exp` é a primeira das instruções para símbolos específicos de funções que iremos referir. Terminamos esta Secção com o símbolo das raízes: o símbolo da raíz quadrada é conseguido do seguinte modo: para obter $\sqrt{243}$ basta escrever `\sqrt{243}` (`sqrt` de "square root"). Uma pequena modificação desta instrução resolve também o caso das outras raízes, por exemplo, para obter $\sqrt[5]{2-i}$ há que escrever `\sqrt[5]{2-i}` : note o argumento `[5]` que força o LaTeX a escrever o índice "5" na raíz.

5.2 Mais funções matemáticas

A Figura 17 apresenta um apreciável número de funções matemáticas usuais, tais como as funções trignométricas, hiperbólicas e respectivas inversas e os logaritmos, e também outras com a função aritmética "máximo divisor comum", gcd ("greater common divisor"), as funções de conjuntos "supremo", sup, "ínfimo", inf, "máximo", max, "mínimo", min, e "dimensão", dim, além de outras que não são usualmente encaradas como funções, como o "limite", lim, ou o "limite superior", lim sup, mas que, do ponto de vista do LaTeX são tratados da mesma maneira porque têm o mesmo aspecto gráfico.

$\arccos$ `\arccos`	$\csc$ `\csc`	$\injlim$ `\injlim`	$\max$ `\max`	$\tan$ `\tan`
$\arcsin$ `\arcsin`	$\deg$ `\deg`	$\ker$ `\ker`	$\min$ `\min`	$\tanh$ `\tanh`
$\arctan$ `\arctan`	$\det$ `\det`	$\lg$ `\lg`	$\Pr$ `\Pr`	$\varinjlim$ `\varinjlim`
$\arg$ `\arg`	$\dim$ `\dim`	$\lim$ `\lim`	$\projlim$ `\projlim`	$\varprojlim$ `\varprojlim`
$\cos$ `\cos`	$\exp$ `\exp`	$\liminf$ `\liminf`	$\sec$ `\sec`	$\varliminf$ `\varliminf`
$\cosh$ `\cosh`	$\gcd$ `\gcd`	$\limsup$ `\limsup`	$\sin$ `\sin`	$\varlimsup$ `\varlimsup`
$\cot$ `\cot`	$\hom$ `\hom`	$\ln$ `\ln`	$\sinh$ `\sinh`	
$\coth$ `\coth`	$\inf$ `\inf`	$\log$ `\log`	$\sup$ `\sup`	

Figura 17: Instruções LaTeX para diversas funções e notações do tipo função.

As instruções relacionadas com o limite, `\lim`, `\limsup` etc, podem ser, e muitas vezes são, acompanhadas da descrição, em subescrito, de qual o limite em causa, como por exemplo em

$$\lim_{x\rightarrow+\infty} e^{-x} = 0, \qquad \text{ou} \qquad \displaystyle\lim_{x\rightarrow+\infty} e^{-x} = 0.$$

O primeiro caso pode ser mais conveniente para escrever “em linha” com o restante texto (o LaTeX designa este tipo de escrita por “text style”), enquanto o segundo é usualmente utilizado quando queremos exibir uma fórmula numa linha só para ela (aquilo a que o LaTeX chama “display style”). No ambiente MOODLE todas as fórmulas são, *por defeito*, escritas em “text style”. O leitor pode forçar o LaTeX a escrever uma fórmula (ou parte de uma fórmula) em “display style” escrevendo-a entre os parentesis da declaração `\displaystyle{ }`. Observe na Figura 18 o efeito desta declaração no limite anteriormente indicado.

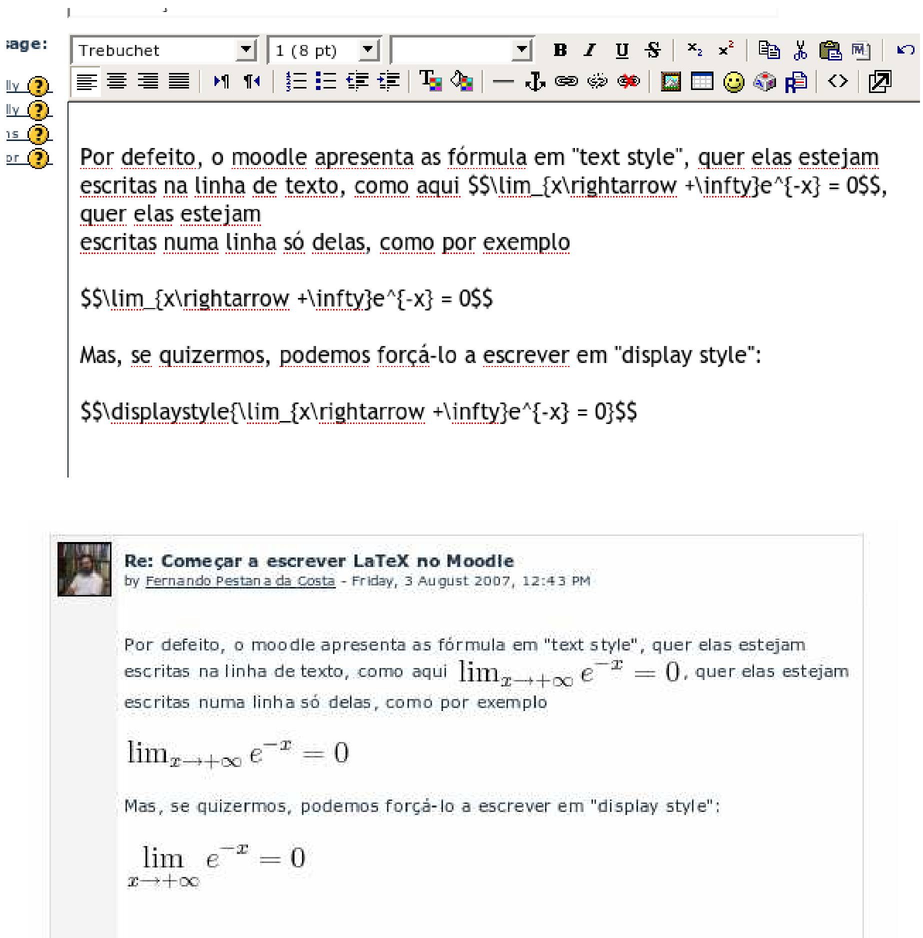


Figura 18: A escrita em “text style” e em “display style”.

Com estas instruções, e tendo também presentes o que vimos anteriormente, o leitor poderá sem dificuldade produzir, num fórum, uma mensagem com o aspecto da Figura 19, tarefa que deixamos como **Exercício**.

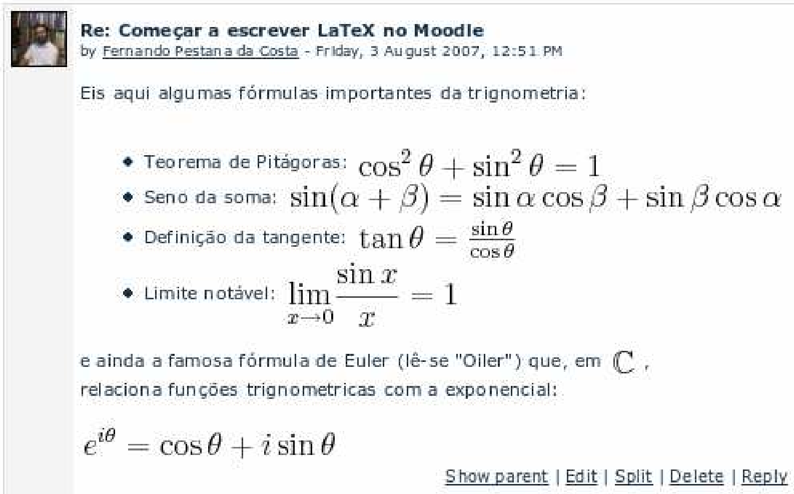


Figura 19: Exercício: vá a um fórum de mensagens e escreva as instruções LaTeX que lhe permitam obter o resultado apresentado nesta Figura.

5.3 Operando sobre funções

Vamos agora introduzir mais umas importantes instruções LaTeX no processo de resposta a mais uma mensagem-desafio (Figura 20)

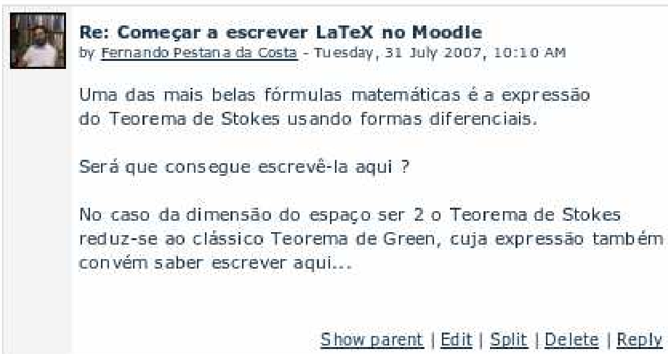


Figura 20: A quarta mensagem-desafio.

Os Teoremas que são referidos no desafio são conhecidos resultados da geometria diferencial (ou da análise em $\mathbb{R}^n$, se o leitor preferir) que envolvem integração, e portanto a sua formulação simbólica exige o conhecimento das instruções para os integrais. Estas instruções LaTeX fazem parte de um conjunto de instruções que são apresentadas na Figura 21. Reunem-se aí símbolos designados por "símbolos de tamanho variável". A razão de ser desta designação prende-se com o facto destes símbolos terem tamanho diferente consoante sejam escritos em "text style" (tamanho menor) ou em "display style" (tamanho maior). Tal como referimos anteriormente, por defeito, no MOODLE, tudo é escrito em "text style", pelo que, quando conveniente, deve ser usada a instrução `\displaystyle{ }` para forçar o símbolo a ser escrito no seu tamanho maior, mais adequado a fórmulas não integradas em linha de texto.

$\sum$	`\sum`	$\bigcap$	`\bigcap`	$\bigodot$	`\bigodot`
$\prod$	`\prod`	$\bigcup$	`\bigcup`	$\bigotimes$	`\bigotimes`
$\coprod$	`\coprod`	$\bigsqcup$	`\bigsqcup`	$\bigoplus$	`\bigoplus`
$\int$	`\int`	$\bigvee$	`\bigvee`	$\biguplus$	`\biguplus`
$\oint$	`\oint`	$\bigwedge$	`\bigwedge`		

Figura 21: Instruções LaTeX para símbolos de tamanho variável (fora do MOODLE).

A instrução básica que produz o símbolo do integral $\int$ é, então, muito naturalmente `\int` . Alguns outros casos de integrais são também codificados: na tabela da Figura 21 o leitor encontra o símbolo para o integral de linha ao longo de um caminho fechado (vulgarmente conhecido como "integral cíclico") que é $\oint$ e é produzido pela instrução `\oint` . Não vem nesta tabela, mas o MOODLE aceita, o símbolo para integral duplo $\iint$, obtido pela instrução `\iint`, o qual gera dois sinais de integral mais juntos do que as duas instruções simples seguidas `\int\int`, e aceita também `\iiint` e `\iiiint` para codificar integrais triplos e quadruplos, bem como `\idotsint` ("integral dots integral") para produzir $\int \cdots \int$.

Para gerar os limites de integração usam-se os símbolos para gerar subescritos e sobrescritos que vimos na Secção 4. A ordem pela qual se escrevem essas instruções é indiferente, por exemplo, para obter no MOODLE, o integral em

$$\int_0^{+\infty} \sin(x^2)dx$$

tanto faz escrever

```
\displaystyle{\int_{0}^{+\infty}}
```

como

\displaystyle{\int^{+\infty}_{0}} .

As instruções para gerar os limites de integração são optativas: podem não estar presentes, pode estar só uma, ou podem estar ambas, como no integral de Fresnel que acabámos de escrever.

Assim, nesta altura temos tudo para escrever a resposta à mensagem-desafio apresentada na Figura 20. O resultado que obtemos é o apresentado na Figura 22 e fica como **Exercício** para o leitor a escrita na plataforma MOODLE das instruções LaTeX que lhe permitem obter tal resultado.

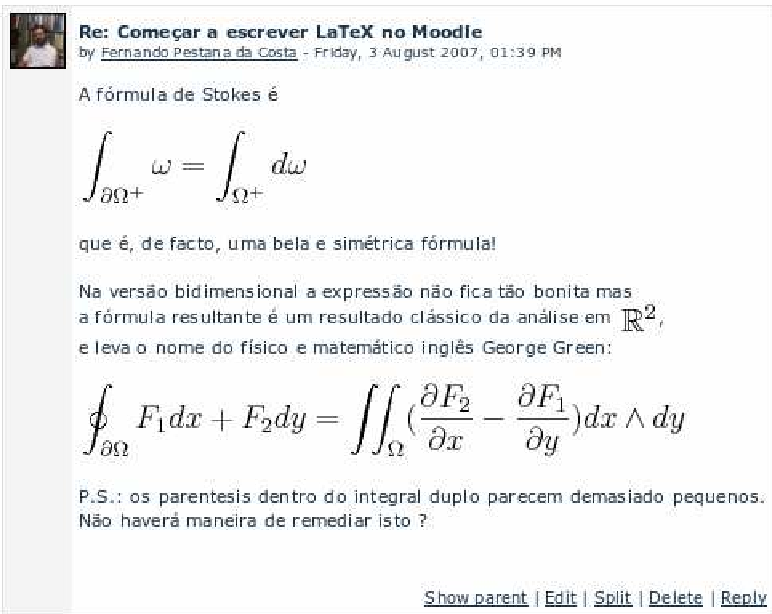


Figura 22: Exercício: vá a um fórum de mensagens e escreva as instruções LaTeX que lhe permitam obter o resultado apresentado nesta Figura.

Na Figura 22 a resposta contém, ela mesma, uma questão que é de algum interesse ser respondida nesta altura: os parentesis que aparecem dentro do integral duplo são muito pequenos, será possível torná-los de um tamanho comparável ao que vem dentro dos parentesis, que neste caso é uma expressão com derivadas algo "volumosa", ou seja, a questão é:
Será que em vez de

$$(\frac{\partial F_2}{\partial x} - \frac{\partial F_1}{\partial y})$$

não se conseguirá escrever

$$\left(\frac{\partial F_2}{\partial x} - \frac{\partial F_1}{\partial y}\right) \quad ?$$

Este problema é resolvido pelo LaTeX de um modo muito simples. No presente caso, pretendemos que os delimitadores `(   )` fiquem ajustados à altura do que está do meio. Para que o LaTeX saiba o que é isso de "estar no meio" e portanto possa ajustar as alturas, nós temos de lhe dizer o que é que vai à esquerda e o que é que vai à direita[4]. Para tal, temos de dizer que o parentesis `(` é o do lado esquerdo e o parentesis `)` o do lado direito. Tal é conseguido escrevendo `\left(` (de "esquerda") no primeiro caso e `\right)` (de "direita") no segundo. portanto, se substituirmos `(   )` por `\left(   \right)` o que vier escrito entre os parentesis determina o tamanho com que esses mesmos parentesis serão escritos. O resultado de efectuar esta alteração na Figura 22 será o apresentado na Figura 23.

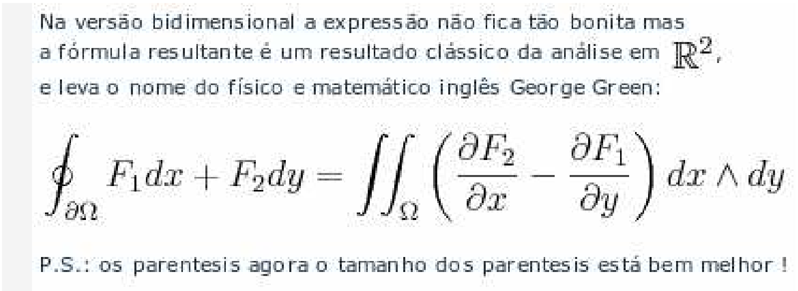


Figura 23: Resultado do texto apresentado na Figura 22 após escrever os parentesis com o tamanho ajustável.

Este processo de ajustar tamanhos de delimitadores funciona com vários delimitadores, como sejam os parentesis curvos, os parentesis rectos, as chavetas e as barras $|$ e $\|$. Nos casos das chavetas `{ }` e das barras $\| \; \|$ há o detalhe técnico de se ter de escrever `\left\{` ou `\left\|` em vez de `\left{` ou de `\left|` , no primeiro caso porque a chaveta sozinha é interpretada pelo LaTeX como o início ou o fim de um grupo (tal como, por exemplo, nos sobrescritos) e portanto, mesmo a obtensão da simples expressão $\{0\}$, em que as chavetas têm tamanho fixo, tem de ser feita escrevendo `\{0\}` para que delimitadores `{` e `}` sejam *mesmo escritos,* No caso das barras duplas porque se escrever `\left|` obterá apenas a barra *simples* de tamanho variável...

Voltaremos a falar em delimitadores de tamanho ajustável na próxima Secção.

[4]Antes do leitor começar a insurgir-se com a falta de discernimento do LaTeX sobre o que está "dentro" e o que está "fora" dos parentesis, convém atentar que qualquer das expressões $[0,1]$, $]0,1[$, $[0,1[$ e $]0,1]$ fazem sentido em matemática e *não* é pela posição relativa dos parentesis que nós sabemos qual é o "lado de dentro": é porque sabemos Matemática, coisa que não parece de todo razoável exigir de um programa computacional para a produção de texto...

Para terminar, convém observar que qualquer das instruções para os símbolos da Figura 21 funciona exactamente como as instruções para os integrais e portanto deixa-se para treino do leitor tentar resolver as alíneas do seguinte desafio

Exercício 4 *Escreva as instruções LaTeX que produzem o seguintes resultados no* MOODLE*:*

1. $f'(x_0) = \lim_{x \to x_0} \dfrac{f(x) - f(x_0)}{x - x_0}$
2. $\zeta(z) = \dfrac{\Gamma(1-z)}{2\pi i} \oint_\gamma \dfrac{u^{z-1}}{e^{-u} - 1} du$
3. $\gamma = \lim \left(\displaystyle\sum_{j=1}^{n} \frac{1}{j} - \ln n \right)$
4. $\displaystyle\sum_{j=1}^{\infty} \frac{1}{j^x} = \prod_{p \in \{\text{primos}\}} \frac{1}{1 - p^{-x}}.$
5. $(K \otimes L)_n = \displaystyle\bigoplus_{p+q=n} K_p \otimes L_q$

6 Algo mais sofisticado: instruções multi-linhas

6.1 O ambiente `array`

Iremos terminar esta introdução ao LaTeX para o MOODLE com uma visita guiada a algumas instruções que permitem escrever textos com multiplas linhas que não podem ser desconectadas umas das outras sob pena do que está escrito perder todo o sentido. Isto ocorre muito naturalmente em todos os ramos da matemática, mas talvez o exemplo mais óbvio seja o estudo de matrizes em Álgebra Linear, e é por aqui que começamos esta Secção, como é usual com mais uma mensagem-desafio (Figura 24).

Vejamos antes de mais qual o aspecto final daquilo que queremos que surja no MOODLE:

$$\begin{bmatrix} 1 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & -1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -3 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ 3 \\ -6 \end{bmatrix} \tag{1}$$

onde seguimos a convenção de, a menos que haja alguma ambiguidade, não indicar explicitamente a operação de multiplicação.

Comecemos por reparar que os delimitadores das matrizes ou vectores (ou seja, dos "quadros") que surgem na expressão acima, e que neste caso são

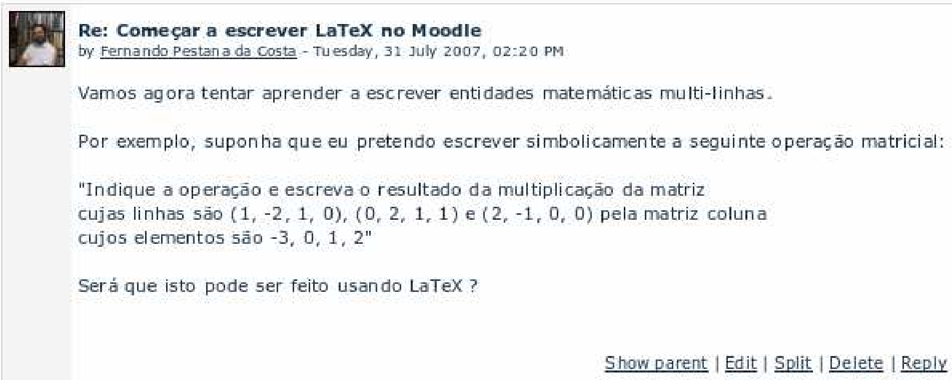


Figura 24: A quinta mensagem-desafio.

parentesis rectos, têm um tamanho que depende da dimensão dos "quadros" que são por eles delimitados.

Atendendo ao que vimos na Secção anterior isto é conseguido desde que os "quadros" a escrever estejam delimitados por (neste caso) `\left[ \right]`. Portanto, para responder à mensagem-desafio resta saber como construir os "quadros" de valores (matrizes e vectores) em causa.

Cada "quadro" é visto pelo LaTeX como uma única entidade, cuja estrutura interna dependerá de quadro para quadro e que tem de ser definida pelo leitor consoante os casos. As instruções que indicam ao LaTeX que o que irá ser escrito é um quadro e que, portanto, os valores a serem escritos devem ser tratados em conjunto, é o par `\begin{array}  \end{array}` . Após escrever isto há que fornecer duas indicações adicionais: "quantas colunas terão de ser consideradas como fazendo parte do quadro", e "em que posição relativa dentro da coluna será escrito o que deve lá aparecer" (i.e., deverá ser alinhado à esquerda, à direita, centrado?) Esta informação é dada ao LaTeX por um conjunto de indicações escritas entre `{  }` imediatamente a seguir ao `\begin{array}` : No caso da matriz (3×4) em (1) há que indicar que existem quatro colunas e que em todas elas há que alinhar os seus elementos à direita. Isto é conseguido escrevendo `\begin{array}{rrrr}` : note os quatro "r", de "right", "direita" em inglês, os que indica ao LaTeX que existem quatro colunas, todas alinhadas à direita. Se usarmos `\begin{array}{rlrr}` o resultado será que a segunda coluna vem alinhada à esquerda ("l", de "left", "esquerda") e se usarmos `\begin{array}{rcrr}` o resultado será que a segunda coluna vem alinhada ao centro ("c", de "centre", "centro"). Os resultados destas opções seriam as seguintes matrizes

$$\left[\begin{array}{rlrr} 1 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & -1 & 0 & 0 \end{array}\right] \qquad \left[\begin{array}{rcrr} 1 & -2 & 1 & 0 \\ 0 & 2 & 1 & 1 \\ 2 & -1 & 0 & 0 \end{array}\right].$$

Agora que já indicámos o tipo de delimitador (neste caso parentesis rectos), o número de colunas e os respectivos alinhamentos, há apenas que escrever os elementos da matriz: estes são escritos linha-a-linha, separando os elementos de colunas diferentes com `&` e terminando cada linha com `\\`, com excepção da última que terminará com a instrução de fim do "quadro": `\end{array}`. Note que o número de linhas não precisa de ser igual ao de colunas e que, ao invés do que se passa com este, *não se especifica* qual o número de linhas a escrever: apenas as escrevemos até chegar à última!

Exemplificando com o caso da matriz (3×4) em (1) a instrução que define a primeira linha será `1 & -2 & 1 & 0 \\` , para a segunda linha é `0 & 2 & 1 & 1\\` e para a terceira e última `2 & -1 & 0 & 0` (note-se que não se escrevem os `\\` no fim da última linha).

É claro que se o "quadro" só tiver uma coluna tudo se passa do mesmo modo, mas neste caso cada linha só tem um elemento. Por exemplo, o vector coluna no membro direito de (1) será obtido com as instruções

```
\left[\begin{array}{r} -2 \\ 3 \\ -6 \end{array}\right]
```

Nesta altura o leitor já poderá responder à mensagem-desafio. O que deve escrever e o resultado que obterá são apresentados na Figura 25.

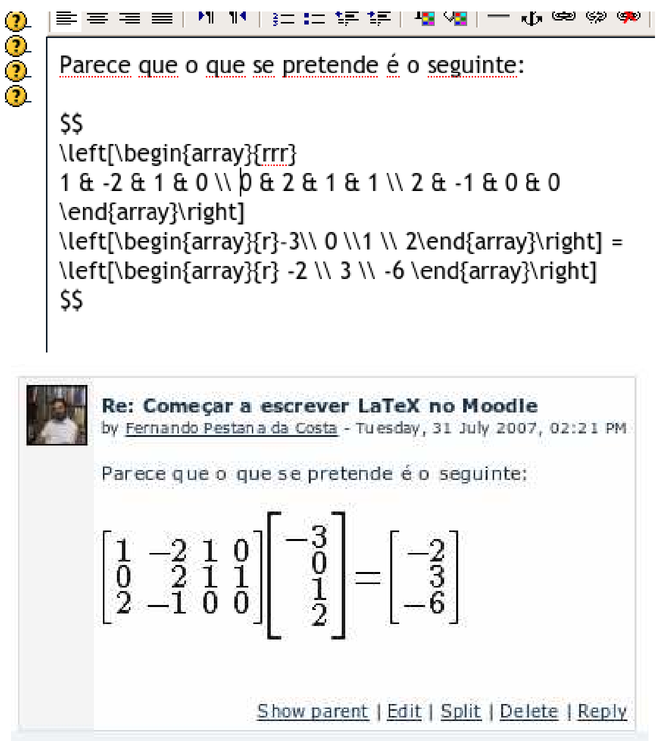


Figura 25: A resposta à quinta mensagem-desafio.

É claro que a capacidade de escrever fórmulas multi-linhas não é uma exigência exclusiva da Álgebra Linear. Qualquer sistema de equações, algébricas ou não, lineares ou não-lineares, requer, em geral, para a sua escrita, o recurso a instruções do mesmo tipo.

Vejamos mais um exemplo: o sistema de equações algébricas

$$\begin{array}{lcl} a_{1,1}x_1 + a_{1,2}x_2 & = & b_1 \\ a_{2,1}x_1 + a_{2,2}x_2 & = & b_2 \end{array}$$

poderá ser obtido, no ambiente `array`, como se indica na Figura 26

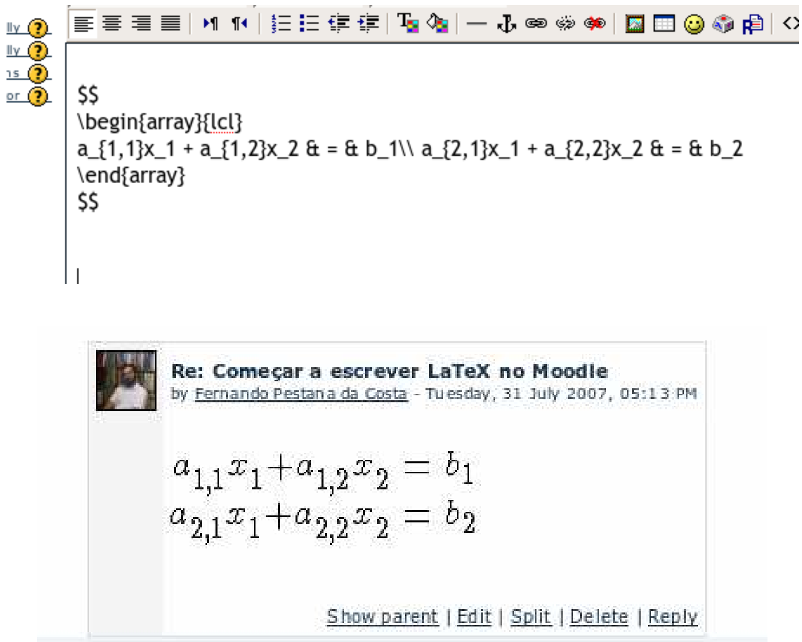


Figura 26: Usando `array` para escrever o sistema de equações algébricas acima.

É usual em matemática agrupar as diferentes equações de um sistema com uma chaveta, usualmente no lado esquerdo do sistema. Para tal lembraria anteceder o `\begin{eqnarray}` com um `\left\{` . Mas temos de ter em atenção que a qualquer `\left` há que corresponder um `\right` (mesmo que nada obrigue a que o delimitador do lado direito seja igual ao do lado esquerdo!) Como nestes casos de sistemas não queremos, usualmente, nenhum delimitador do lado direito, eu diria que estamos em apuros...

Acontece que o LaTeX tem um modo de dar volta à situação: as instruções `\left.` ou `\right.` (atenção ao ponto "."!) fornecem delimitadores fantasmas no local correspondente (à esquerda ou à direita, respectivamente) e portanto o leitor apenas verá o outro delimitador real "não-fantasma". Repare como a utilização deste recurso do LaTeX permite alterar o aspecto que tinha a mensagem apresentada na Figura 27.

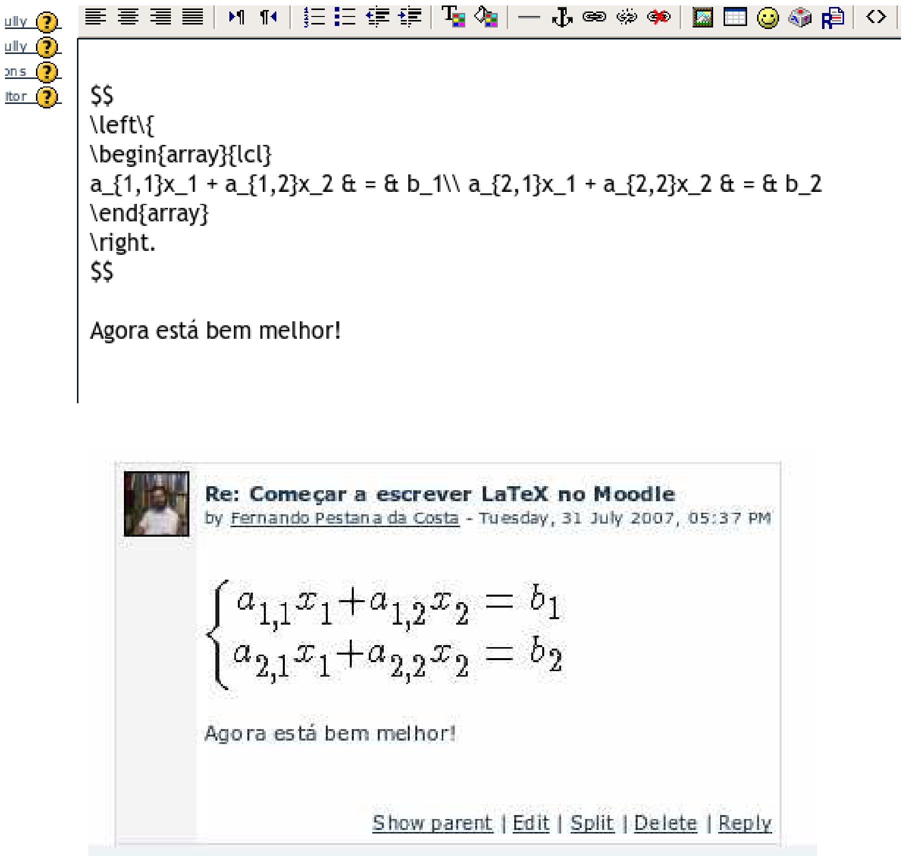


Figura 27: Usando `array` para escrever o sistema de equações algébricas acima, desta feita com chavetas no lado esquerdo, como é mais usual fazer-se.

O ambiente `array` é também particularmente útil para escrever funções definidas por diferentes expressões em diferentes regiões. Um caso importante é a famosa função de Dirichlet (a função característica dos racionais) tal como se indica na Figura 28:

Convém chamar a atenção para os "se" que surgem na definição da função de Dirichlet na Figura 28. Não é de todo invulgar necessitarmos de escrever texto no interior de fórmulas matemáticas. A fim de que o texto que se escreve seja facilmente distinguido dos restantes símbolos matemáticos convém escrever esse texto entre as chavetas da instrução `\text{ }`, como foi feito na Figura 28. (Atenção ao espaço entre o "se" e o parentesis `}` da instrução `\text{ }`).

Esta instrução permite ainda definir notações adicionais para funções, do

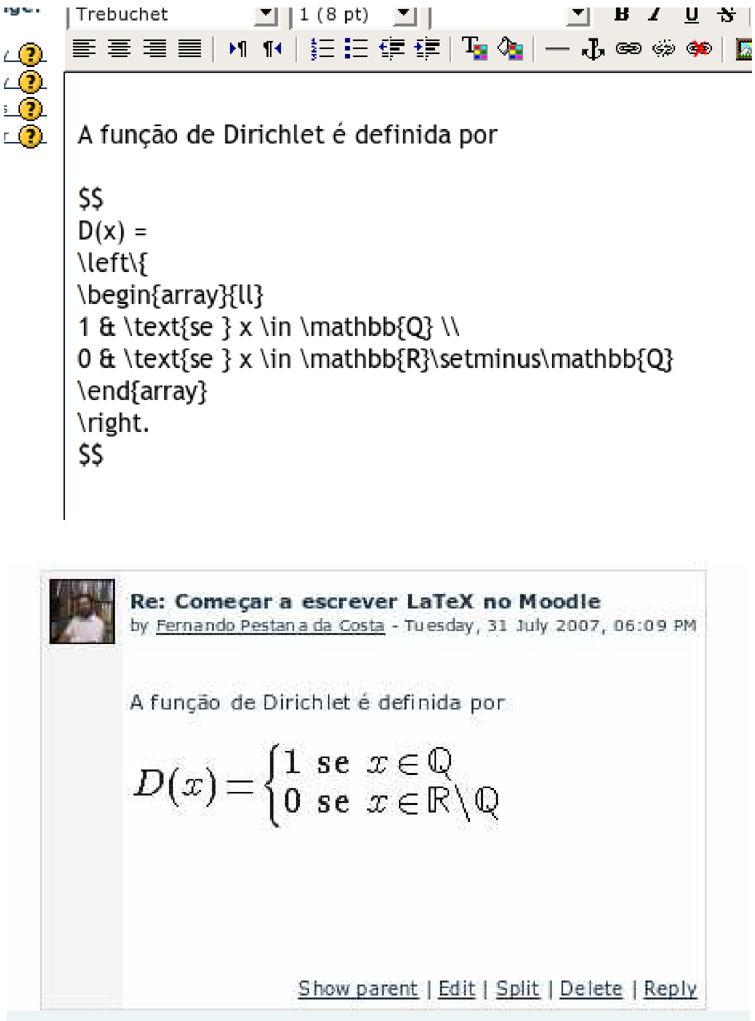


Figura 28: Usando `array` para escrever a definição da função de Dirichlet.

tipo das que surgem na Figura 17. Por exemplo, os operadores diferenciais "divergência", representado usualmente por div, e "rotacional", representado por rot em português (ou por curl em inglês) não aparecem definidos na versão base do LaTeX usada no MOODLE, facto que certamente não nos impede de escrevermos as Equações de Maxwell:

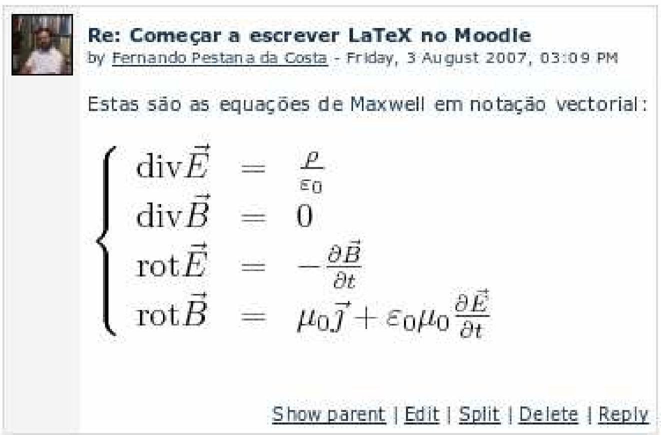


Figura 29: As equações de Maxwell. (Exercício: escreva as instruções LaTeX que originam este resultado).

Convém observar que, ao invés do que aconteceu nos exemplos tratados até agora nesta Secção, nem todas as posições dos quadros do ambiente "array" precisam estar preenchidas. Aliás, esta é uma característica do ambiente `array` especialmente útil, por permitir uma grande flexibilidade.

Um exemplo típico de aplicação dessa característica é quando há necessidade de deduções que naturalmente se estendem por mais de uma linha de texto, como em

$$\begin{array}{lcl} P[X \geq n/2] & \leq & E(X)/(n/2) \\ & \leq & (k-2)n^{k-1}p^k \\ & = & (k-2)n^{k\epsilon -1} \end{array}$$

A utilização do ambiente `array` para este tipo de quadros em nada difere do que foi feito anteriormente: não escrevendo nada na correspondente posição do "array" surgirá o pretendido espaço em branco:

```
$$
\begin{array}{lcl}
 P[X \geq n/2] & \leq & E(X)/(n/2) \\
               & \leq & (k-2)n^{k-1}p^k\\
               & =    & (k-2)n^{k\epsilon -1}
\end{array}
$$
```

Terminamos esta Secção com uns quantos exercícios para o leitor resolver.

Exercício 5 *Escreva as instruções LaTeX que produzem o seguintes resultados no* MOODLE*:*

1. $\tilde{R}^t\eta\tilde{R} = \begin{pmatrix}1 & 0\\ 0 & R^t\end{pmatrix}\begin{pmatrix}-1 & 0\\ 0 & I\end{pmatrix}\begin{pmatrix}1 & 0\\ 0 & R\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}-1 & 0\\ 0 & R^tR\end{pmatrix} = \begin{pmatrix}-1 & 0\\ 0 & I\end{pmatrix} = \eta$

2. $e^{uB_3} = \displaystyle\sum_{n=0}^{+\infty}\frac{1}{n!}\left(\frac{u}{2}\right)^n\begin{bmatrix}1 & 0\\ 0 & -1\end{bmatrix}^n = \begin{bmatrix}e^{\frac{u}{2}} & 0\\ 0 & e^{-\frac{u}{2}}\end{bmatrix} \in SL(2,\mathbb{C})$

3. *O sistema de Lorenz:*

$$\left\{\begin{array}{lcl} x' + \sigma x - \sigma y & = & 0\\ y' + \sigma x + y + xz & = & 0\\ z' + bz - xy & = & -b(r+\sigma)\end{array}\right.$$

4. *A propriedade de semigrupo para operadores sectoriais:*

$$\begin{array}{rcl} A^{-\alpha}A^{-\beta} & = & \dfrac{1}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}\displaystyle\int_0^\infty\int_0^\infty t^{\alpha-1}s^{\beta-1}e^{-A(t+s)}dsdt\\ & = & \dfrac{1}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}\displaystyle\int_0^\infty e^{-Au}\left(\int_0^u t^{\alpha-1}(u-t)^{\beta-1}dt\right)du\\ & = & \dfrac{1}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}\displaystyle\int_0^\infty u^{\alpha+\beta-1}e^{-Au}\left(\int_0^1 z^{\alpha-1}(1-z)^{\beta-1}dz\right)du\\ & = & A^{-(\alpha+\beta)}\end{array}$$

.

5. *O Teorema de Cayley para grupos:*

$$\begin{array}{rccccccc} f: & G & \hookrightarrow & Sym(G) & & & & \\ & a & \mapsto & \overline{a}: & G & \to & G\\ & & & & g & \mapsto & ga\end{array}$$

6.2 Os ambientes `matrix`

O modo de criar matrizes que vimos no início da Secção anterior é muito flexível mas um pouco trabalhoso, requerendo a definição pelo leitor do número de colunas da matriz e do alinhamento de cada uma delas, além de necessitar escrever as instruções dos delimitadores de tamanho ajustável.

Tudo isto pode ser bastante abreviado usando os ambientes da família `matrix` desde que o leitor não se importe de prescindir da liberdade do alinhamento e esteja aberto a memorizar mais umas quantas instruções (não há bela sem senão...)

Os ambientes da família `matrix` são cinco: `pmatrix` para matrizes delimitadas por ( ) ("p" de parentesis), `bmatrix` para matrizes delimitadas por [ ] ("b" de brackets), `Bmatrix` para matrizes delimitadas por { }, `vmatrix` para matrizes delimitadas por $|\ \ |$ e `Vmatrix` para matrizes delimitadas por $\|\ \ \|$. Neste ambientes não é necessário definir à partida o número de colunas das matrizes e o alinhamento é feito automaticamente ao centro. O modo de introduzir os elementos de cada matriz é igual ao que era feito no ambiente `array`.

Como ilustração, considere a matriz (2×2) de elementos 0 e ∇f na primeira linha e -1 e g^2 na segunda. Tem-se o seguinte:

- `\begin{pmatrix}0&\nabla f\\-1&g^2\end{pmatrix}` resulta em:
$$\begin{pmatrix}0&\nabla f\\-1&g^2\end{pmatrix}$$
- `\begin{bmatrix}0&\nabla f\\-1&g^2\end{bmatrix}` resulta em:
$$\begin{bmatrix}0&\nabla f\\-1&g^2\end{bmatrix}$$
- `\begin{Bmatrix}0&\nabla f\\-1&g^2\end{Bmatrix}` resulta em:
$$\begin{Bmatrix}0&\nabla f\\-1&g^2\end{Bmatrix}$$
- `\begin{vmatrix}0&\nabla f\\-1&g^2\end{vmatrix}` resulta em:
$$\begin{vmatrix}0&\nabla f\\-1&g^2\end{vmatrix}$$
- `\begin{Vmatrix}0&\nabla f\\-1&g^2\end{Vmatrix}` resulta em:
$$\begin{Vmatrix}0&\nabla f\\-1&g^2\end{Vmatrix}$$

Nota final Antes de terminar uma última chamada de atenção: estas notas pretendem ser apenas umas rápidas observações introductorias assinalando assuntos que serão impriscindíveis para quem quer que vá estudar matemática ou física em ambiente online.

É importante que o leitor tenha consciência que são suportadas no MOODLE muitas mais instuções LaTeX do que aquelas que aqui foram referidas e que é muito provável que vá necessitar de usar algumas delas mais cedo do que imagina. Quando tal acontecer, as listas de símbolos em [2] deverão ser particularmente úteis.

O leitor, após se sentir confortável com os temas que aqui foram tratados, deverá começar a explorar por si próprio o vasto mundo do LaTeXpara a produção autónoma de documentos ([2] e [3] são excelentes pontos de partida que recomendo vivamente). Verá que o pequeno esforço adicional que terá de fazer ser-lhe-á, a muito curto prazo, amplamente compensado.

Referências

[1] D.P. Carlisle, R. Kaye; *Essential Mathematical LaTeX 2ε*, disponível no local da internet com o endereço `http://www.sci.usq.edu.au/staff/robertsa/LaTeX/Others/el2emath.pdf` (consultado em 31 de Julho de 2007)

[2] M. Downes; *Short Math Guide for LaTeX,* disponível no local da internet com o endereço `http://www.ams.org/tex/amslatex.html` (consultado em 3 de Agosto de 2007)

[3] L. Lamport; *LaTeX A Document Preparation System,* 2nd Edition, Addison-Wesley, Reading, 1994.

[4] S. Parkin; *The Comprehensive LaTeX Symbol List,* disponível no local da internet com o endereço `http://tug.ctan.org/tex-archive/info/symbols/comprehensive/symbols-a4.pdf` (consultado em 28 de Julho de 2007)