

Licenciatura Noturna de Física
Instituto de Física
UFRJ.

PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO DE FINAL DE
CURSO

**O Ensino de unidades e medidas através
de atividades investigativas segundo o
enfoque Ciência, Sociedade e Tecnologia.**

Aluno: Eros dos Santos Ramos

Orientador (a): Deise Miranda Vianna

Banca:

Deise Miranda Vianna

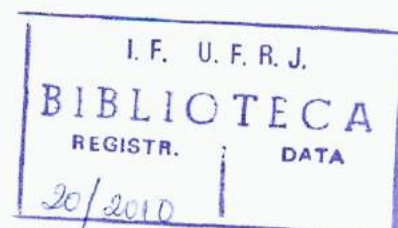
João José F Sousa

Simone Pinheiro Pinto (SEE;doutoranda NUTES/UFRJ)

Ligia de Farias Moreira

20/2010

Setembro de 2010



Agradecimentos.

Gostaria de começar agradecendo a Deise, orientadora deste projeto, pela paciência e dedicação, por relevar muitas desculpas e por suas duras palavras de motivação. Quero agradecer a minha família, meus avôs, e meus tios pelo amparo durante a longa caminhada realizada até o término deste curso. Em especial a minha Tia Ana, por sua orientação.

Quero agradecer a Thaís por seu apoio e companheirismo, por suas palavras de motivação e suporte. A Livia, Josephine e Vanessa, amigas, por todas às vezes que suportaram minhas reclamações. Ao Vinícius, por seu exemplo de perseverança e ao Thadeu, um irmão.

Por fim queria agradecer ao João José, coordenador do meu curso, por superar todas as dificuldades burocráticas, e ao Sandro por suas contribuições nesta caminhada e a Deus por todas as possibilidades e percepções.

Resumo

Neste trabalho apresentamos um projeto didático sobre Unidades e Medidas, formulado seguindo as orientações curriculares do Ensino Médio e fundamentadas no enfoque Ciência, Sociedade e Tecnologia, uma metodologia de ensino em atividades investigativas, com a implementação de um Role Play Game pedagógico como atividade lúdica para o ensino.

Índice.

1. Introdução.....	1
2. Referencial Teórico.....	3
2.1 O currículo em Ciência, Tecnologia e Sociedade para o ensino de Física.....	3
2.2 A proposta metodológica em atividades investigativas.....	8
2.3 Role Play Game como uma proposta para o ensino interdisciplinar de Física.....	15
2.3.1 O Lúdico como uma proposta alternativa de ensino.....	15
2.3.2 Role Play Game Pedagógico.....	17
3. O Sistema Internacional de Unidades e a Proposta de Ensino.....	20
3.1. Contextualização histórica do tema.....	20
3.2. A proposta de ensino.....	22
4. Orientações Metodológicas.....	24
5. Considerações finais e perspectivas de aplicação.....	37
6. Bibliografia.....	39
Anexo I: O material do Aluno.	
Anexo II: Resumo Oficial do SI.	
Anexo III. Vídeo: Reportagem sobre as medidas dos campos de Futebol Brasileiros.	

Índice de Tabelas.

Tabela 1: Abordagens do Enfoque CTS.....	4
Tabela 2: Níveis de utilização do enfoque CTS.....	5
Tabela 3: Relação entre o Laboratório Tradicional e a utilização de atividades investigativas.....	11
Tabela 4: Níveis de abertura em atividades investigativas.....	12
Tabela 5: Categorias propostas para a implementação de diferentes níveis de atividades investigativas.....	12
Tabela 6: Fatores motivadores da utilização do Jogo de RPG como uma prática pedagógica.....	17
Tabela 7: Favorecendo a argumentação na leitura de textos.....	25
Tabela 8: Sistematização da unidade 1.....	27
Tabela 9: Sistematização da unidade 2.....	29
Tabela 10: Sistematização das táticas metodológicas da unidade 3.....	30
Tabela 11: Sistematização da unidade 3.....	31
Tabela 12: Sistematização da unidade 4.....	33
Tabela 13: Sistematização da unidade 5.....	35
Tabela 14: Sistematização da unidade 6.....	36

1. Introdução

Este trabalho apresenta uma proposta para o ensino de Unidades e Medidas, enfatizando o Sistema Internacional de Unidades e a evolução do Metro, em um projeto didático formulado segundo as orientações curriculares do Ensino Médio e fundamentado no enfoque Ciência, Sociedade e Tecnologia, utilizando uma metodologia de ensino em atividades investigativas com a implementação de um Role Play Game pedagógico.

A necessidade de uma proposta de ensino para este tema pode ser observada em MELO (2009), onde foi realizado um levantamento estatístico sobre o entendimento dos alunos acerca do sentido de utilizarem-se unidades em Física, no qual 43% dos alunos de uma turma de 9ºano (antiga 8ª série) e 75% dos alunos de uma turma de 3º ano do Ensino Médio não souberam responder. Tem ainda o agravante da falta de compreensão dos alunos sobre o sentido e a importância da utilização das unidades, junto às diversas medidas empregadas no estudo das Ciências Físicas e, por conseqüência, em nosso cotidiano. O mesmo autor aponta como um dos fatores problemáticos deste processo a forma de abordagem do tema empregada pelos professores de Ensino Médio.

“... pode-se perceber através das respostas dos alunos que os professores de física não estão fazendo uma interpretação da unidade que é dada em sala de aula, ou seja, após explicar a grandeza, os mesmos falam a respectiva unidade que deve ser colocada ao lado dela sempre que esta for calculada. E isso faz com que os alunos aprendam a decorar a unidade sem fazer uma devida interpretação.” (MELO, 2009)

Outro autor destaca a preocupação com a forma como que o tema é abordado com freqüência nos livros didáticos:

“ ...o que se observa é que, geralmente, os livros didáticos introduzem o tema grandezas e unidades de medida sem muita historicidade ou, quando não, apresentam uma história hagiográfica a partir da qual o aluno é levado a memorizar as unidades de medida e fazer as conversões

corretas. Acreditamos que tal procedimento pode vir a estimular o estudante ao desinteresse pelas aulas e, ainda, impossibilitar que ele desenvolva a sensibilidade para observar e reconhecer a importância, no dia-a-dia, dos padrões de medida comumente utilizados em nossa sociedade.”(GODOI & FIGUEIRÔA, 2008)

Ambos os autores fazem sugestões quanto à abordagem deste tema. Em especial, GODOI & FIGUEIRÔA (2008) aponta para uma abordagem vinculada a questões históricas e filosóficas, considerando as relações sociais, políticas e tecnológicas envolvidas na própria evolução do Sistema Métrico e do Sistema Internacional de Unidades, sem mencionar diretamente o enfoque de ensino em Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

Nosso trabalho assume a forma de um material destinado ao aluno que pode ser observado na íntegra no anexo I, consistindo em 6 unidades arquitetadas para uma aplicação seqüencial.

Após esta introdução, no segundo Capítulo¹, exploramos os detalhes sobre os referenciais teóricos abordados. No terceiro, temos uma contextualização histórica e a apresentação da proposta de ensino. O quarto consta de orientações metodológicas de aplicação e traz uma análise do produto, segundo os referenciais teóricos destacados. E no quinto são levantadas as considerações finais e as perspectivas de aplicação.

Como mencionado, no anexo I, temos o produto didático desta proposta, onde na unidade I, III e VI é trabalho o currículo em CTS, com destaque para a questão lúdica na unidade III, e nas unidades II, IV e V, temos o destaque para as atividades de caráter investigativo. No anexo II, um breve resumo, publicado pelo INMETRO, do SI.

¹ Neste apresentamos o referencial em CTS e atividades investigativas, assim como um referencial lúdico baseado na implementação de *Role Play Game* pedagógico que assumo a forma de uma estratégia motivadora de aplicação.

2. Referencial Teórico

2.1 O currículo em Ciência, Tecnologia e Sociedade para o ensino de Física.

Constantes melhorias no bem-estar social e o desenvolvimento econômico resultantes do avanço C&T favoreceram a crença² de que o avanço científico seria suficiente para resolver os problemas sociais e econômicos da humanidade. Contudo, este desenvolvimento foi acompanhado de um aumento das desigualdades sociais e de um desgaste ambiental. (BERNARDO, 2008)

Durante as décadas de 1950 e 1960 a constante associação do desenvolvimento C&T, a viabilização de novas tecnologias de guerra (bomba atômica, armamento químico e biológico) e a degradação do meio ambiente resultaram em uma politização da atividade científica enfatizando o pensamento crítico sobre o mito cientificista (PAULA, 2005) reforçando as denúncias sobre as conseqüências negativas da ciência e da tecnologia sobre a sociedade.

Em paralelo, desenvolvia-se na educação uma preocupação em promover uma forma de “alfabetização científica” buscando dar ao cidadão comum uma oportunidade de conhecer a linguagem científica.

“Do ponto de vista educacional, o movimento passou a tratar o ensino da tecnologia como algo indispensável e fundamental, cujo acesso deve ser democratizado a fim de que todo cidadão possa compreendê-la minimamente e não apenas utilizá-la. O início dessa politização do ensino de ciências e da tecnologia, que já havia sido iniciado na década de 1950 com o movimento da “alfabetização científica”, começou a ocorrer em vários países, produzindo desdobramentos nos currículos do ensino médio recebendo diferentes denominações, dentre elas “enfoque CTS para o ensino de ciências”.” (BERNARDO, 2008)

² Mito do desenvolvimento científico.

É interessante ressaltar que não existe uma forma definida para um produto educacional baseado no enfoque CTS. Entende-se por CTS o estabelecimento do ensino de ciências de forma que compreenda as múltiplas relações entre ciência, tecnologia e sociedade. Assim, não devemos pensar em tecnologia somente em seu aspecto técnico, temos que abordar suas implicações sociais, econômicas e políticas. Segundo MORTIMER e SANTOS, podemos perceber de forma clara os pressupostos do enfoque CTS:

“CTS pode ser caracterizado como o ensino do conteúdo de ciências no contexto autêntico do seu meio tecnológico e social, no qual os estudantes integram o conhecimento científico com a tecnologia e o mundo social de suas experiências do dia-a-dia. A proposta curricular de CTS corresponderia, portanto, a uma integração entre educação científica, tecnológica e social, em que os conteúdos científicos e tecnológicos são estudados juntamente com a discussão de seus aspectos históricos, éticos, políticos e sócio-econômicos.” (MORTIMER e SANTOS, 2000)

A literatura vem apontando para múltiplas relações abordadas pelo enfoque CTS na sua perspectiva de traduzir a relação entre tecnologia, ciência e sociedade como se observa na tabela 1.

Tabela 1: Abordagens do Enfoque CTS.

Aspectos de CTS	Esclarecimentos
1.Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas.
2.Efeito da Tecnologia sobre a Sociedade	A tecnologia disponível a um grupo humano influencia sobremaneira o estilo de vida desse grupo.
3. Efeito da Sociedade sobre a Ciência	Por meio de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica.
4. Efeito da Ciência sobre a Sociedade	O desenvolvimento de teorias científicas pode influenciar a maneira como as pessoas pensam sobre si próprias e sobre problemas e soluções.
5. Efeito da Sociedade	Pressões públicas e privadas podem influenciar a direção em

sobre a Tecnologia	que os problemas são resolvidos e, em consequência, promover mudanças tecnológicas.
6. Efeito da Tecnologia sobre a Ciência	A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.

Fonte: McKAVANAGH e MAHER, 1982. p.72. apud Mortimer e Santos (2000).

As múltiplas relações entre Ciência, Sociedade e Tecnologia estão esquematizadas no diagrama abaixo.

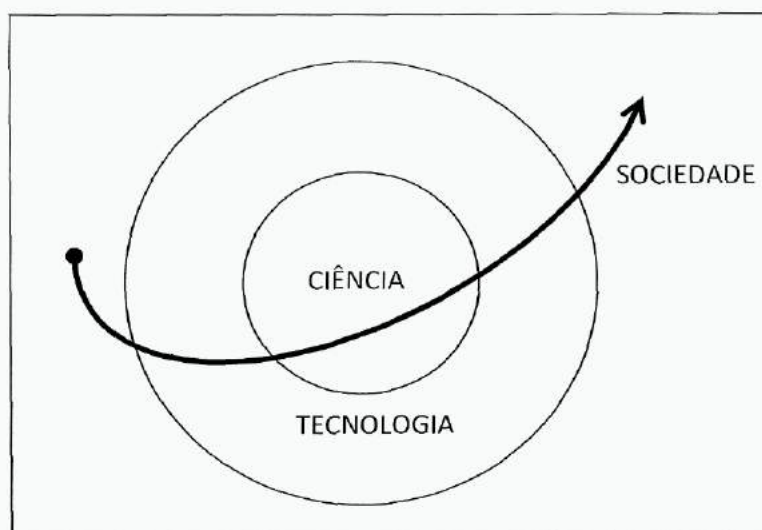


Figura 1: Diagrama em CTS. Neste diagrama é possível observar a essência do ensino no enfoque CTS (PENHA, 2006).

MORTIMER e SANTOS (2000) apresenta uma classificação sugerida por Aikenhead para agrupar os diversos níveis de cursos que utilizam a abordagem do enfoque CTS, como expressos na Tabela 2.

Tabela 2: Níveis de utilização do enfoque CTS.

Categoria	Descrição
1. Conteúdo de CTS como elemento de motivação.	Ensino tradicional de ciências acrescido da menção ao conteúdo de CTS com a função de tornar as aulas mais interessantes.
2. Incorporação eventual do conteúdo	Estudo tradicional de ciências acrescido de pequenos estudos de conteúdo CTS incorporados como apêndices aos tópicos

de CTS ao conteúdo programático.	de ciências O conteúdo de CTS não é resultado do uso de temas unificadores.
3. Incorporação sistemática do conteúdo CTS ao conteúdo programático.	Ensino tradicional de ciências acrescido de uma série de pequenos estudos de conteúdo de CTS integrados aos tópicos de ciências, com a função de explorar sistematicamente o conteúdo de CTS. Esses conteúdos formam temas unificadores.
4. Disciplina Científica (Química, Física e Biologia) por meio de conteúdo de CTS.	Os temas CTS são organizados para organizar os conteúdos de ciências e sua seqüência, mas a seleção do conteúdo científico ainda é feita a partir de uma disciplina. As listas dos tópicos científicos puros é muito semelhante àquela da categoria 3, embora a seqüência possa ser bem diferente.
5. Ciências por meio do conteúdo de CTS.	CTS organiza o conteúdo e sua seqüência. O conteúdo de ciências é multidisciplinar, sendo ditado pelo conteúdo de CTS. A lista de tópicos científicos puros assemelha-se à listagem de tópicos importantes a partir de uma variedade de cursos de ensino. O conteúdo relevante de ciências enriquece a aprendizagem.
6. Ciências com conteúdo de CTS.	O conteúdo CTS é o foco do ensino. O conteúdo relevante de ciências enriquece a aprendizagem.
7. Incorporação das ciências ao conteúdo de CTS.	O conteúdo CTS é o foco do currículo. O conteúdo relevante de ciências é mencionado, mas não é ensinado sistematicamente. Pode ser dada ênfase aos princípios gerais da ciência.
8. Conteúdo de CTS.	Estudo de uma questão tecnológica ou social importante. O conteúdo de ciências é mencionado somente para indicar uma vinculação com as ciências.

Fonte: adaptado de AIKENHEAD, 1994a.p. 55-56 apud MORTIMER e SANTOS (2000).

Segundo MORTIMER e SANTOS (2000), enquanto a categoria 1 talvez não represente uma proposta em CTS, a categoria 8 representa uma proposta muito radical. As categorias mais comuns na produção acadêmica são aquelas representadas pelas categorias de 3 a 6. Embora só a partir da categoria 5 é que ocorra uma ênfase na compreensão dos aspectos das inter-relações do enfoque CTS.

No entanto, devo reafirmar que a principal preocupação do enfoque CTS é a formação do cidadão, capacitando o indivíduo de tomar decisões públicas junto à sociedade em que vive de forma crítica e consciente. Destacam-se, neste aspecto, os três objetivos gerais de uma abordagem no enfoque CTS: a aquisição de conhecimento, a utilização de habilidades e o desenvolvimento de valores.

Observamos ainda que existe uma relação direta entre a abordagem curricular no enfoque CTS e as orientações para o ensino de ciências indicadas nas Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio, PCN+ (BRASIL, 2002):

“A presença do conhecimento de Física na escola média ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos PCN. Trata-se de construir uma visão da Física que esteja voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade.”(BRASIL, 2002).

“A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, na introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem

resultando no desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado.” (BRASIL, 2002).

Desta forma, um ensino de Física baseado na orientação do enfoque em CTS toma a forma de um currículo capaz de transformar o ensino de ciências em um ensino de forma a valorizar a formação das habilidades e competências descritas no PCN+.

Os aspectos teóricos e as categorias de CTS levantadas ao longo deste texto serão empregados na análise do produto educacional deste projeto de ensino.

2.2 A proposta metodológica em atividades investigativas.

Antes de apresentar as características básicas de um ensino por investigação devemos pensar de que forma essa prática pode contribuir no processo de formação do indivíduo. Nas escolas, muitas vezes, o Ensino de Ciências é descaracterizado ao ser apresentado sob a forma de leis baseadas na manipulação de formulas repletas de significados rígidos e imutáveis enquanto, entretanto, a prática em que se constrói um conceito científico está repleta de articulações, na resolução de problemas menos definidos, examinando modelos e gerando significados negociáveis que passam a resultar em uma compreensão da Ciência socialmente construída (MUNFORD e LIMA, 2007).

Ao aproximar o ensino de ciências do contexto do processo de construção do conhecimento científico valorizamos a formação de habilidades e competências no qual o aluno passa a interagir com situações problematizadas que podem estar diretamente relacionadas com suas experiências diárias, com decisões públicas e até com a própria formulação do conhecimento científico, valorizando a formação de uma capacidade crítica e investigativa e sua habilidade de negociação, levantando pontos favoráveis a sua perspectiva e procurando por pontos contrários às demais soluções propostas. Para estas negociações ressaltamos o valor das práticas de grupos, assim como orientado pelo PCN+:

“... para desenvolver competências que requerem o sentido crítico será necessário privilegiar espaços de discussão, tanto na escola como na sala de aula.” (BRASIL, 2002)

Ainda de acordo com as orientações propostas no PCN+ (BRASIL, 2002), o ensino de Ciência deve ser inserido em seu contexto social, estabelecendo em nossa prática de ensino a busca pela valorização da formação de habilidades e competências essenciais para formação do cidadão, além da aquisição de conhecimentos. Segundo AZEVEDO:

“Outro objetivo na resolução de problemas é proporcionar a participação do aluno de modo que ele comece a produzir seu conhecimento por meio da interação entre pensar, sentir e fazer. A solução de problemas pode ser, portanto, um instrumento importante no desenvolvimento de habilidades e capacidades, como: raciocínio, flexibilidade, astúcia, argumentação e ação. Além do conhecimento de fatos e conceitos, adquiridos nesse processo, há a aprendizagem de outros conteúdos: atitudes, valores e normas que favorecem a aprendizagem de fatos e conceitos. Não podemos esquecer que, se pretendemos a construção de um conhecimento, o processo é tão importante quanto o produto.” (AZEVEDO, 2004)

onde podemos observar muitos aspectos favoráveis à formação de um cidadão através de um ensino fundamentado, problematizado e investigativo.

Introduzir um ensino por investigação valoriza a participação do aluno em seu processo de construção do conhecimento. Assim como muda a postura do professor, passando a atuar como um agente reflexivo dentro de sua prática de ensino (ZEICHNER, 2003). Nesta postura, podemos atribuir ao professor um papel de orientador, que deve ser capaz de levantar questões que estimulem o desenvolvimento da atividade.

Segundo GEHLEN, AUTH, AULER, MALDANER e ARAÚJO, Paulo Freire defende a ação do professor como formulador de questões-problema, assim como, um ensino problematizado:

“Freire (1987) sempre destacou a importância da dialogicidade, posto que o diálogo entre educador e educando é o aspecto fundamental para a problematização de situações reais vividas pelo educando. Santos

(2002, p. 46), analisando pressupostos freireanos, destaca que o “diálogo não é o que impõe, o que maneja, mas o que desvela a realidade. Daí a importância da problematização”. No entendimento de Freire (1987), problematizar consiste em abordar questões que emergem de situações que fazem parte da vivência dos educandos. É desencadear uma análise crítica sobre a “realidade problema”, para que o educando perceba esta questão e reconheça a necessidade de mudanças.” (GEHLEN, AUTH, AULER, MALDANER e ARAÚJO, 2008)

Valorizando, dessa forma, a orientação de um ensino reflexivo, por parte do professor, e vinculado à construção de situações-problema que devem ser resolvidas pelo alunado. Para Freire, segundo GEHLEN, AUTH, AULER, MALDANER E ARAÚJO (2008), assim como para AZEVEDO (2004), o problema proposto, com base nos conhecimentos já vivenciados pelo aluno em seu cotidiano, deve ser capaz de despertar o interesse, estimulando sua participação de forma a gerar discussões e questões capazes de levar o aluno a participar das diversas etapas que envolvem o processo de resolução do problema.

Em um ensino por investigação, trabalhamos a aproximação do ensino de ciências do processo de construção do conhecimento científico, embora não seja esperado que o aluno venha a participar de todas as etapas envolvidas na resolução da situação-problema de forma autônoma. Mas, segundo GIL e CASTRO (1996) apud AZEVEDO (2004) podem ser apontados alguns aspectos a serem em uma atividade investigativa devendo o aluno: refletir, discutir, explicar e relatar de forma que o seu trabalho passa a assumir características de uma atividade científica. Deste modo:

“(1) Apresentar situações problemáticas abertas; (2) favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas; (3) potencializar análises qualitativas significativas, que ajudem a compreender e acatar as situações planejadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca; (4) considerar a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica, sendo esse processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as pré-concepções dos estudantes; (5) considerar as análises

com atenção nos resultados (sua interpretação física, confiabilidade, etc.) de acordo com os conhecimentos disponíveis, das hipóteses manejadas e dos resultados das demais equipes de estudantes; (6) Conceder uma importância especial às memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam ressaltar o papel da comunicação e do debate na atividade científica; (7) ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por meio de grupos de trabalhos, que interajam entre si." (AZEVEDO, 2004)

A atividade investigativa pode ser ou não experimental. Uma aula de laboratório não é garantia que se esteja realizando uma prática característica de uma atividade investigativa. Quando assumimos a postura de um laboratório tradicional, onde o aluno tem como objetivo comprovar uma determinada lei, baseado em passos pré-definidos através de um roteiro, tendo como produto final o resultado, não é possível pensar de fato que esta caracterizou uma atividade investigativa. Para que uma atividade tenha características investigativas é necessário admitir um determinado grau de abertura nas etapas de seu processamento, de forma que o aluno possa participar efetivamente de seu desenvolvimento. A atividade investigativa proporciona ao aluno o levantamento hipóteses, reflexões e conclusões.

BORGES (2002) traduz de forma clara os aspectos envolvidos nas atividades investigativas fazendo um levantamento das formas que podemos classificar estas atividades segundo o seu grau de abertura.

Tabela 3: Relação entre o Laboratório Tradicional e a utilização de atividades investigativas.

Aspectos	Laboratório Tradicional	Atividades investigativas
Quanto ao grau de abertura.	Roteiro pré-definido ←—————→ Restrito grau de abertura	Variado grau de abertura —————→ Liberdade total de planejamento
Objetivos da atividade.	Comprovar leis	Explorar fenômenos
Atitude do estudante.	Compromisso com o resultado	Responsabilidade na investigação

Fonte: BORGES, A. T..Rumos para o laboratório escolar de ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19 , n.3 ,dez. 2002

Na tabela 3 podemos observar a relação entre as práticas tradicionais de laboratório e uma que utilize atividades investigativas. Na tabela 4, temos sugestões para os níveis de abertura para cada etapa do planejamento de uma atividade.

Tabela 4: Níveis de abertura em atividades investigativas.

Nível de Investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusão
Nível 0	Dados	Dados	Dados
Nível 1	Dados	Dados	Em aberto
Nível 2	Dados	Em aberto	Em aberto
Nível 3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: BORGES, A. T..Rumos para o laboratório escolar de ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19 , n.3 ,dez. 2002

De acordo com a tabela 4, podemos pensar no nível 0 como sendo a atividade desenvolvida em um laboratório tradicional, onde os problemas, procedimentos e a conclusão estão pré-estabelecidos. O nível 3 caracteriza uma atividade investigativa completa, onde é dada uma situação-problema real e os alunos têm uma responsabilidade direta com todo o processo de investigação.

PENHA (2006) resume as concepções de atividades investigativas levantadas por AZEVEDO (2004) na tabela 5, onde podemos observar suas denominações e características.

Tabela 5: Categorias propostas para a implementação de diferentes níveis de atividades investigativas.

Atividades Investigativas:	Características:
Demonstrações Investigativas	Atividades experimentais que visam ilustrar uma teoria ou comprovar uma determinada teoria já estudada ou em estudo. Este tipo de demonstração poderia se iniciar com o professor propondo um problema à classe. A realização da experimentação é conduzida como se buscássemos respostas a uma pergunta prévia. Nos desdobramentos das discussões, o professor deverá conduzir a colocação das questões na tentativa de verificar quais as concepções

	<p>intuitivas dos estudantes sobre este assunto. O professor deve ser também mais um elemento na sala de aula na procura de evidenciar e estruturar o pensamento consensual dos estudantes, destacando inclusive conceitos equivocados que possam surgir. Durante a realização da experimentação, o professor deverá estar preocupado com aquilo que seus alunos viram e chamar a atenção de outros aspectos da experimentação que por ventura possam ter passado despercebidos.</p> <p>Seria aconselhável que no momento da análise teórica do fenômeno estudado, o professor pudesse levantar aspectos de uma abordagem histórico filosófica mostrando como tais conhecimentos se mostraram relevantes na sociedade, que problemas tinham os homens e a sociedade na qual este problema se mostrou pertinente, em quais paradigmas trabalhavam os homens de ciência daquela época.</p>	
<p>Laboratório Aberto</p>	<p>1º) Proposta do problema.</p>	<p>Proposição pelo professor de pergunta ou questão que pudesse gerar uma ampla discussão. A busca de resposta a esta questão seria o objetivo principal do experimento.</p>
	<p>2º) Levantamento de hipóteses.</p>	<p>Os alunos levantariam as hipóteses para possíveis soluções do problema em meio a decisão entre eles e mediados pelo professor.</p>
	<p>3º) Elaboração do Plano de trabalho.</p>	<p>Montagem por parte dos estudantes de plano de trabalho, levantamento do material necessário para a montagem do arranjo experimental, forma de coleta e análise dos dados.</p>

	4º)Montagem experimental e coleta dedados.	Etapa onde os alunos efetuariam as manipulações de material necessário para confecção do arranjo experimental bem como para a coleta de dados. Os alunos deverão ser estimulados a identificar possíveis imperfeições que poderão conduzi-los a resultados imprecisos, no entanto não invalidando sua pesquisa.
	5º)Análise dos dados.	Para a análise dos dados pode-se exigir do estudante a construção de gráficos, obtenção de equações e testes de hipóteses. Poderão ser utilizados materiais específicos como papel milimetrado ou programas computacionais como Excel. Cabe ao professor mostrar que esta é a parte fundamental do trabalho científico e que a utilização da linguagem matemática ajuda a generalização do trabalho.
	6º) Conclusão	Onde os alunos devem formalizar uma resposta ao problema inicial.
Questões abertas	Questões que relacionariam fatos do cotidiano e conceitos já construídos na sala de aula. Podem ser respondidas em pequenos grupos ou propostas como desafio para toda a classe. Tornar-se importante, no entanto, que os alunos tenham sempre um registro escrito de respostas para que se vá construindo uma “memória dos fatos” e discussões da classe.	
Problemas abertos	Diferem das questões abertas, pois, além da abordagem conceitual, sua solução exige a matematização dos resultados. Os alunos devem elaborar hipóteses, estabelecer relações quantitativas, estimar valores desconhecidos e verificar a coerência do modelo e das respostas obtidas. Estas situações devem ser interessantes para os alunos e de preferência envolver a relação Ciência, Tecnologia e Sociedade.	

Fonte: PENHA (2006)

De acordo com estas classificações, na seqüência deste trabalho estaremos classificando o produto educacional segundo seu nível de adequação às características de uma atividade investigativa levantando questões metodológicas sobre sua aplicação em sala de aula. Como mencionado, a atividade completa não possui necessariamente a mesma classificação.

2.3 Role Play Game como uma proposta Lúdica para o ensino de Física.

2.3.1 O Lúdico como uma proposta alternativa de ensino.

Apesar de termos a concepção de um currículo para o Ensino de Ciências (Cap. 2.1) e uma metodologia de ensino focada em atividades de cunho investigativo (Cap. 2.2) ainda é problemático pensar em como seguir o caminho de uma prática de ensino que envolva todas as interações presentes no currículo em CTS. Como interagir com toda a diversidade de questões que envolvem uma ação de resolução interdisciplinar? Como reter a atenção e interesse dos alunos nesta modalidade de atividade? Para responder a estas questões adotamos uma tática de ação voltada para uma concepção lúdica do ensino transformando o papel do professor e do aluno por meio da interação com atividade de ensinar e aprender. Primeiramente temos que observar que o lúdico não está somente relacionado com jogos, brincadeiras ou atividades de lazer. A ludicidade pode ser pensada como forma de interação subjetiva com o mundo, onde o sujeito tem a oportunidade de adquirir conhecimento através de desafios, da reflexão, de interações e ações:

“É o que acontece quanto se aprende a andar de bicicleta, onde estão em “jogo” habilidades físicas (equilíbrio, coordenação motora...) e intelectuais (controle da força, controle dos freios, controle da direção...). Aprende-se na prática a conviver com o momento angular das rodas e o torque para realizar curvas, sem que nenhum desses nomes

apareça. Não se fala “que tal aprender a brincar com o momento angular e com o torque?”, fala-se simplesmente “que tal aprender a andar de bicicleta?”(RAMOS e FERREIRA, 1998)

Os mesmos autores ainda levantam questões sobre o jogo de xadrez ser capaz de ensinar uma quantidade considerável de estratégias de pensamento sem mencionar ao sujeito sobre o ato de aprender.

Observe que o lúdico está relacionado ao fato de resolver problemas e desafios de um cotidiano próximo e vivenciado com “prazer” pelo sujeito. Desta forma, a ludicidade está fortemente voltada para uma metodologia em atividades investigativas (Cap. 2.2) e pode ser facilmente colocada a serviço de um currículo em CTS (Cap.2.1). No entanto, uma atividade lúdica tem que estar relacionada ao prazer funcional no qual o sujeito participa justamente por gostar e apresentar interesse pela atividade:

“Seguindo essa linha de pensamento, podemos entender, então, na tentativa de buscar um Ensino de Ciências que motive a participação ativa dos alunos na sala de aula, é preciso encontrar meios de tornar esse aprendizado prazeroso, e um dos caminhos possíveis seria a partir de atividades que tenham um sentido especial mediante a resolução de situações-problema.” (AMARAL, 2008).

Ainda segundo AMARAL (2008), a prática atual de ensino adotada dos cursos de ensino médio no Brasil vem se distanciando do objetivo central na formação de um cidadão, descaracterizando seus princípios legais indicados na Lei de Diretrizes e Base da Educação (LDB) e nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNEM e PCN+), uma vez que assume uma postura de preparação para o vestibular. RAMOS e FERREIRA (1998) levantam questionamentos sobre garantia de um ensino fundamentado na resolução de exercícios e na exposição de conceitos. Ambos apontam um ensino lúdico como uma possível contraproposta a este modelo de ensino.

2.3.2 Role Play Game Pedagógico.

O *Role Play Game* (RPG) é um jogo de representação cujo objetivo é a cooperação entre os jogadores – personagens na resolução de problemas propostos pelo jogador – mestre responsável por orientar e estabelece as regras do jogo. Este tipo de jogo possui grande flexibilidade em seus enredos traduzindo possibilidades infinitas de histórias compostas de situações – problema que devem ser solucionadas, através do diálogo e cooperação entre os jogadores. O RPG foi concebido na década de 70 e chegou ao Brasil em meados da década de 80, sendo rapidamente aceito pelo público jovem. (VICENTE, 2006).

A tabela 6 expõe um resumo das razões levantadas por VICENTE (2006) para serem consideradas como fatores motivadores da utilização do Jogo de RPG como uma prática pedagógica.

Tabela 6: Fatores motivadores da utilização do Jogo de RPG como uma prática pedagógica

Resolução de situações-problema	Ocorre o tempo todo, pois durante todo o jogo os personagens dos alunos se defrontam com situações que precisam resolver de maneira lúdica.
Aplicação de conceitos em situações práticas do dia-a-dia	As aventuras são preparadas de modo a desenvolver algum componente curricular ou tema transversal. De qualquer modo, essa aventura é uma simulação de situação real, onde os conteúdos são apresentados da mesma maneira que são aplicados na prática. Sendo assim, os conceitos adquiridos antes ou durante o jogo são usados em situações práticas simuladas no RPG.
Interdisciplinaridade	As aventuras são interdisciplinares por excelência, pois, é uma simulação da vida. O jogo, então, estimula a relação de conteúdos normalmente separados artificialmente.
Expressão Oral	O jogo de RPG se baseia na descrição oral das ações dos personagens.
Expressão Corporal	Nas ações ao vivo, os jogadores interpretam seus personagens como numa peça de teatro.

Preocupação e respeito ao outro	Como todos os personagens são interdependentes, os alunos se sentem “obrigados” a ajudar os companheiros, por isso desenvolvem uma consciência de que o outro é importante.
Cooperação	Vitória somente através da solução coletiva.
Trabalho em grupo e aprendizagem cooperativa	Como o jogo se dá em grupo e sempre há uma tarefa a ser solucionada cooperativamente, o RPG valoriza a capacidade de trabalho em grupo.

AMARAL (2008) reforça a concepção do RPG como uma boa estratégia lúdica para o ensino de conceitos disciplinares destacando o trabalho em grupo e a resolução de situações-problemas. Segundo este autor o RPG promove um incentivo à pesquisa através da vivência dos personagens, favorece o processo de socialização entre os alunos e a capacidade de contextualização das situações-problema. Além de fornecer ferramentas para a introdução de trabalhos interdisciplinares no contexto das histórias vivenciadas pelos alunos.

Desde sua concepção, em 1974 (VICENTE, 2006), o RPG tem sido desenvolvido em uma série de modalidades: (1) RPG de mesa: É aquele que não necessita de muitos recursos para sua prática, onde os personagens são interpretados sem necessidade de uma reconstrução material do cenário de jogo. (2) *Live Action*: Nesta modalidade de RPG os personagens são encenados como em um teatro utilizando de recursos de cenário. (3) RPG Digital: as situações-problemas estão presentes em jogos de computador e vídeo game (AMARAL, 2008).

Dentre estas modalidades aquela que apresenta maior teor lúdico é (2) *Live Action* devido a sua forma de interação ativa dos personagens. Esta modalidade também tem o potencial de introduzir problemas abertos às partidas de RPG, onde os jogadores teriam que resolver situações-problemas³ através da prática experimental e da manipulação de quantidades.

Uma das estratégias para o desenvolvimento do RPG como prática pedagógica consiste no professor assumir a postura do jogador – mestre⁴ determinando regras, os

³ Tabela 5 Capítulo 2.2

⁴ O jogador – mestre é o papel assumido por um dos participantes do jogo. Este tem a responsabilidade de guiar o desenvolvimento da atividade.

personagens e o contexto histórico, direcionando o desenvolvimento da história no sentido desejado do desenvolvimento do conteúdo disciplinar.

Na unidade 3 do material do aluno desenvolvido neste trabalho tratamos da aplicação de uma proposta de RPG para o ensino do sistema métrico decimal, seguindo uma proposta de atividades investigativas e direcionada para uma aplicação interdisciplinar.

3. O Sistema Internacional de Unidades e a Proposta de Ensino.

3.1 Contextualização Histórica.

Ao tentar atribuir uma origem à necessidade humana de efetuar medidas e equivalências, retomamos aos primórdios da civilização. Acredita-se que a necessidade de medir tenha surgido com o desenvolvimento da agricultura⁵. O ato de medir como algo residual da agricultura admitia características vinculadas à produção, à região geográfica e à cultura da civilização na qual se desenvolvia.

“De fato, para um mundo econômico pré-moderno marcado pela preponderância das atividades agrícolas e pelo comércio local, a virtude de um sistema de medidas residia em sua compreensão imediata garantida pelo caráter antropomórfico e consuetudinário, e em suas divisões computacionais simples. Não é exagerado afirmar que, sob o impressionante número de pesos e medidas em uso até o início do século XIX, vemos a existência de sistemas de medidas específicos para cada atividade econômica e mesmo para cada região geográfica.” (DIAS, 1998)

Ainda segundo DIAS (1998), existia de fato uma preocupação das autoridades em unificar as unidades de pesos e medidas, mas esta unificação dificilmente ultrapassava os limites impostos pelas fronteiras das cidades ou das regiões econômicas em que predominavam. Somente com a expansão comércio marítimo internacional, a preocupação com a unificação dos padrões foi tomando uma forma concreta através de cartilhas que relacionavam as diversas unidades e conversões que poderiam ser úteis no comércio com os portos do Mediterrâneo, do Oceano Índico e das Américas. No entanto, as unidades tratadas em tais cartilhas eram de caráter prático⁶.

⁵ <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/> acessado em 12 julho de 2010

⁶ Outros fatores motivaram a formulação de um padrão unificado de pesos e medidas. Sobretudo o desenvolvimento da ciência experimental. Durante o período do Renascimento Cultural e Científico

Apesar dos constantes esforços das monarquias Inglesas e Francesas de unificação dos padrões de pesos e medidas, somente em 1795, durante a revolução francesa, foi instituído um sistema de unidades. Desta forma, foi determinada a utilização do Metro e do Quilograma como unidade obrigatória em todo território francês podendo ser acompanhada da utilização das unidades das antigas medidas locais, sendo estas gradualmente substituídas pelo sistema métrico até 1840, quando qualquer forma de medir diferente do Sistema Métrico passou a ser considerada como ilegal. O plano de implementação do novo sistema de unidades tornou o Sistema Métrico como parte obrigatória dos currículos escolares em todo território francês. (LUZ e ALVARÉS, 2005)

Devido às constantes oscilações políticas, a difusão do Sistema Métrico, depois Sistema Internacional de Unidades, ocorreu de forma gradual, iniciada nos Países Baixos em 1792, até a adoção dos Estados Unidos, em 1988⁷. No Brasil, este processo também apresentou dificuldades, em particular, devido à falta de ação governamental em promover o esclarecimento da população, eclodindo em 1874, na província da Paraíba, um movimento popular denominado Revolta dos Quebra-Quilos, contra a obrigatoriedade da utilização de um sistema de medidas, desconhecido, que poderia favorecer aos comerciantes oportunistas. Este movimento também estava vinculado a uma insatisfação com a alta dos impostos. (GODOI e FIGUEIRÔA, 2008).

Segundo o INMETRO, a difusão do Sistema Métrico se deve em muito à adoção deste pela comunidade científica.

“Em 1832, Gauss trabalhava ativamente em prol da aplicação do Sistema Métrico, associado ao segundo, definido em astronomia como Sistema Coerente de Unidades para as Ciências Físicas. Gauss foi o primeiro a fazer medidas absolutas do campo magnético terrestre, utilizando um sistema decimal baseado em três unidades mecânicas: milímetro, grama e segundo para, respectivamente, as grandezas:

passou a ser exigido a formalização de padrões rígidos para que as informações oriundas das descobertas científicas fossem compartilhadas com clareza. (DIAS, 1998)

⁷ Onde a Lei previu a adoção definitiva pelos serviços governamentais do Sistema Internacional de Unidades no máximo até 1992. (Catálogo da Exposição do Musée National des Techniques CNAM, 4 avril 30 octobre 1989 . L Aventure Du Mètre in GODOI & FIGUEIRÔA (2008))

comprimento, massa e tempo. Em consequência, Gauss e Weber realizaram, também, medidas de fenômenos elétricos.” (INMETRO, 2007)

No entanto, somente em 1875 o Sistema Métrico foi reconhecido oficialmente com abrangência mundial.

“O Bureau Internacional de Pesos e Medidas, o BIPM, foi criado pelo artigo 1o da Convenção do Metro, no dia 20 de maio de 1875, com a responsabilidade de estabelecer os fundamentos de um sistema de medições, único e coerente, com abrangência mundial. O sistema métrico decimal, que teve origem na época da Revolução Francesa, tinha por base o metro e o quilograma. Pelos termos da Convenção do Metro, assinada em 1875, os novos protótipos internacionais do metro e do quilograma foram fabricados e formalmente adotados pela primeira Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), em 1889. Este sistema evoluiu ao longo do tempo e inclui, atualmente, sete unidades de base. Em 1960, a 11a CGPM decidiu que este sistema deveria ser chamado de Sistema Internacional de Unidades, SI (Système international d’unités, SI). O SI não é estático, mas evolui de modo a acompanhar as crescentes exigências mundiais demandadas pelas medições, em todos os níveis de precisão, em todos os campos da ciência, da tecnologia e das atividades humanas...” (Texto retirado da Tradução da publicação do BIPM Resumo do Sistema Internacional de Unidades – SI).⁸

3.2 A proposta de Ensino.

Em 16 de maio de 1862, foi proposta no Brasil a Lei imperial nº 1.157 com a finalidade de promover a substituição gradual do antigo sistema de pesos e medidas

⁸ Tradução para o português (Brasil) feita pelos Assessores Especiais da Presidência do Inmetro, Físico José Joaquim Vinge, Engenheiro Aldo Cordeiro Dutra e Físico Giorgio Moscati. Este documento está disponível no site do Inmetro: <http://www.inmetro.gov.br> e anexo ao final deste trabalho.

adotado pelo Império em prol do novo sistema de pesos e medidas francês. Em parágrafo único, a Lei nº 1157 garantiu o ensino do sistema de pesos e medidas francês nas escolas primárias, tanto públicas como privadas. (DIAS, 1998)

Desta forma era esperado que nos dias atuais a compreensão do funcionamento do Sistema Métrico e do Sistema Internacional de Unidades fosse de grande abrangência entre os estudantes do Ensino Médio. No entanto, com relativa frequência, nos deparamos com situações que deixa clara a pouca compreensão do vigente sistema de unidade⁹.

Segundo destaca o PCN+ (BRASIL, 2002) é de estrita importância que o aluno consiga reconhecer e utilizar corretamente os símbolos e códigos da linguagem científica, assim como, o seu sistema de unidades:

“Conhecer as unidades e as relações entre as unidades de uma mesma grandeza Física para fazer traduções entre elas e utilizá-las adequadamente” (BRASIL, 2002).

Ainda segundo os PCN+ (BRASIL, 2002), o ensino de física deve ser inserida em seu contexto social e capaz de promover a formação do cidadão. Estes pressupostos seguem a mesma lógica dos objetivos mais gerais do enfoque de ensino em Ciência, Tecnologia e Sociedade, sendo ambos fundamentados na construção de habilidades e valores, além da aquisição de conhecimento (MORTIMER E SANTOS, 2002).

Assim como sugerido por GODOI & FIGUEIRÔA (2008)¹⁰, este trabalho se utiliza de estratégias para mostrar que o atual sistema de unidades e medidas (SI) não é um dado natural, mas uma construção do homem realizada ao longo da negociação de significados no decorrer de um processo histórico. De forma que, este projeto didático, sobre o tema unidades e medidas, foca o contexto histórico da evolução do Sistema Métrico e do Sistema Internacional de Unidades e está fundamentado segundo os pressupostos teóricos apresentados nos capítulos anteriores.

⁹ Como apontado na introdução deste trabalho, segundo parágrafo, na referência de Melo (2009).

¹⁰ O autor faz uma crítica ao ensino de unidades e medidas orientado segundo a memorização e conversão correta entre as diversas unidades apontando na direção de um ensino, do tema, fundamentado na abordagem de questões históricas e filosóficas.

4. Orientações Metodológicas

Neste capítulo, sugerimos uma orientação metodológica para que o professor possa executar a aplicação do projeto. Assim como uma análise do conteúdo destas atividades, fundamentada no referencial teórico, descrito no capítulo 2 deste trabalho. De forma que este capítulo não se constitui de uma simples orientação de aplicação, tomando o molde de uma orientação mais ampla, avaliando e classificando atividades propostas ao longo deste projeto. O projeto didático como um todo possui seis unidades estruturadas para uma aplicação seqüencial. Cada unidade posterior assume o papel de reforço das atividades realizadas anteriormente, não impedindo que estas possam ser reprogramadas para uma aplicação individual ou em diferente ordem. As atividades propostas então de acordo com uma perspectiva orientada pelo enfoque de ensino em CTS (SANTOS e MORTIMER, 2000), complementada pela utilização de atividades investigativas (AZEVEDO, 2004).

Do enfoque CTS espera-se que o aluno possa compreender ciência articulando seus aspectos com questões sociais e tecnológicas, de forma que possa estabelecer um pensamento crítico e consciente, tendo em vista sua formação como um cidadão, atuante em meio às questões sociais, tecnológica e científica de uma realidade dinâmica e globalizada. (SANTOS e MORTIMER, 2000),

Com as propostas de atividades investigativas esperamos aproximar o ensino de ciências com a percepção do desenvolvimento da ciência, em seu contexto, com as etapas envolvidas em uma atividade de pesquisa. Valorizamos a ação do aluno para refletir, argumentar e concluir. Estas atividades são orientadas de forma que sua execução ocorra com os alunos divididos em grupos, propiciando o desenvolvimento das habilidades envolvidas no processo de discussão sobre suas hipóteses e conhecimentos prévios, reforçando a formação da capacidade crítica do alunado. (BRASIL, 2002).

Durante a aplicação destas atividades o professor deve assumir uma postura reflexiva (SCHÖN, 1992 e ZEIGHNER, 2003), agindo como orientador e questionador, retornando às indagações do alunado na forma de novas questões a serem respondidas, organizando o desenvolvimento das atividades e valorizando a atuação do alunado.

Unidade 1.

A primeira unidade¹¹ é uma atividade de leitura e interpretação que deve ser realizada como indicado nas orientações gerais, com os alunos divididos em grupos e em posse do material. Nesta atividade é valorizado o trabalho com competências ligadas à habilidade leitora e a capacidade crítica (BRASIL, 2002). Na qual, o aluno deve reconhecer (1) a necessidade de medir e (2) a razão social da existência de órgãos reguladores para as diferentes formas de medidas.

Observa-se que a orientação de trabalho não menciona diretamente os aspectos técnicos do tema, mas traduz sua problemática dentro de seu contexto social, inserido de acordo com as recomendações do enfoque curricular em CTS¹². No primeiro texto é destacada a questão que envolve a regulamentação das dimensões dos campos de futebol, no contexto dos estádios brasileiros. No mesmo são expostas as medidas regulamentadas definidas pela FIFA¹³. No segundo texto é realizada uma discussão levantando questões sobre os direitos do consumidor e do órgão regulador responsável pela garantia destes direitos.

Quando pensamos em medidas oficiais, definidas pela FIFA ou pelo INMETRO, que são conhecimentos científicos estabelecidos, a sociedade pode repensar a ação desta Ciência sobre seu cotidiano. Esta relação reflete o quarto aspecto apresentado na tabela 1 do capítulo 2.1 Esta primeira unidade é uma unidade introdutória ao tema e relacionada ao conteúdo em CTS.

Segundo BARGALLÓ e PART (2009) existem táticas específicas que contribuem para favorecer o processo de argumentação fundamentado na leitura e interpretação de textos. Os autores apontam três momentos distintos.

Tabela 7: Favorecendo a argumentação na leitura de textos.

Momentos da leitura.	Atividades
(1) Antes da Leitura	Conduzir uma familiarização com o tema, apresentando a

¹¹ Unidade 1 do material do aluno, presente no anexo I.

¹² sétima categoria da tabela 2 do capítulo 2.1.

¹³ Texto 1, da unidade 1, do material do aluno.

	intenção de leitura, buscando pelos conhecimentos relacionados e fazendo um levantamento do que se pode aprender. É interessante promover uma exploração visual do texto, imagens, páginas e etc., assim como estabelecer um objetivo final e estratégias motivadoras.
(2) durante a leitura	Acompanhar a leitura ajudando a promover a compreensão do texto de forma inferencial. Pode ser interessante atribuir tarefas que devem ser realizadas no decorrer da leitura.
(3) após a leitura	Promover a reflexão individual e coletiva sobre o texto incorporando tarefas que possam reportar a aprendizagem, assim como, à aplicação dos conhecimentos em novas situações.

O primeiro texto é ponto de partida motivador da atividade. Seguindo as orientações de GODOI & FIGUEIRÔA (2008), o professor pode sugerir uma pesquisa que anteceda a utilização do material, instruindo os alunos a realizar uma busca pelas dimensões dos campos de futebol brasileiros, introduzindo uma discussão sobre a adequação dos campos brasileiros em sediar uma Copa do Mundo¹⁴. A atividade também pode ser iniciada ou complementada com a apresentação de um vídeo que esteja relacionado ao tema, como por exemplo, o vídeo indicado no anexo III¹⁵.

Essa atividade assume a forma de uma questão aberta¹⁶ diferenciada por anteceder ao processo de introdução dos conteúdos. Nesta questão são fornecidos o procedimento e o problema, deixando em aberto a conclusão, nível um, da tabela 4 do capítulo 2.2.

A ação do professor deve se limitar a promover um ajuste às condições impostas pelas características de seu ambiente de sala de aula, garantindo que ocorra uma compreensão sobre o que está sendo tratado no texto. O docente deve percorrer os

¹⁴ Pode garantir o interesse dos alunos em promover a leitura do texto, agindo como uma estratégia motivadora.

¹⁵ "<http://www.youtube.com/watch?v=EixZNEBEZUE>", que apresenta uma reportagem sobre as medidas oficiais da FIFA (acessado em 7 de setembro de 2010, às 15 horas).

¹⁶ Tabela 5, capítulo 2.2.

grupos observando o processo de leitura e discussão reagindo às dúvidas com a formulação de novas questões que possam organizar o desenvolvimento da atividade e estimular a participação do alunado (ZEIGHNER, 2003).

Após a leitura de cada texto o professor pode instruir os grupos a produzir um pequeno resumo levantando os principais aspectos observados. De acordo com as orientações de GODOI & FIGUEIRÔA (2008) é interessante que este resumo seja feito ao termino da leitura de cada texto, ou seja, o resumo do primeiro texto deve ser realizado e debatido antes de se iniciar a leitura do segundo. Isto permite uma aplicação dos conhecimentos levantados e possibilita a intensificação do caráter crítico na leitura do segundo texto.

A atividade proposta deve ser inicialmente realizada por cada grupo de trabalho, sendo interessante que seja estendida para uma discussão em conjunto com toda a turma, confrontando as observações feitas por cada grupo, tendo o professor como mediador do processo. Algumas perguntas podem ser pertinentes para o reforço do conteúdo em CTS ou para sistematizar a concepção por trás da necessidade de medir, como por exemplo: *Qual é a principal diferença entre os órgãos reguladores apontados no texto I e no texto II? Qual seria o papel destes órgãos junto aos cidadãos comum? Qual é a principal função das medidas junto aos órgãos reguladores? Todo o órgão regulador efetua o mesmo tipo de medida? Efetuando um diálogo efetivo entre os dois textos.*

Nesta atividade é destacada:

Tabela 8: Sistematização da unidade 1.

Tópicos	Pontos de destaque.
Objetivos	(1) a necessidade de medir. (2) a razão social da existência de órgãos reguladores para as diferentes formas de medidas.
Currículo em CTS.	Forte presença do conteúdo curricular com enfoque em CTS enquadrado no <i>Efeito da Ciência sobre a Sociedade</i> com a <i>Incorporação das ciências ao conteúdo de CTS.</i>

Metodologia de Aplicação	Trabalho das capacidades leitoras e críticas, com o professor em uma postura reflexiva e questionadora. Pode ser estendida para uma questão aberta.
--------------------------	---

Unidade 2.

A segunda unidade não trabalha efetivamente com o currículo em CTS, mas oferece continuidade para os aspectos trabalhados na primeira unidade. Ao perceber a necessidade de medir, assim como a importância dos órgãos reguladores, temos que compreender de que forma se constrói e executa o processo de medição. As atividades desenvolvidas ao longo desta unidade oferecem ao aluno a oportunidade de participar destas construções, desvendando a principal característica do processo de medição: (1) Medir é uma forma de comparar. Assim como, participa ao aluno a (2) construção de um padrão.

A primeira atividade desta unidade é realizada em cada grupo de trabalho. O professor deve selecionar um objeto comum a todos os grupos instruindo que estes realizem a medida deste objeto sem o auxílio de instrumentos e técnicas convencionais de medida. É fundamental que os alunos desenvolvam sua própria forma de medir. Nesta atividade, o problema a ser trabalhado é dado enquanto o procedimento e conclusão ficam em aberto, nível 2 da tabela 4 do capítulo 2.2. Observe, que ao final, em cada grupo deve haver a comparação das medidas realizadas por cada um de seus membros, sendo pertinentes questionamentos como: *Que procedimentos cada membro do grupo realizou para medir? É possível que um mesmo objeto tenha duas medidas distintas?* Em seguida, é orientado que estes grupos realizem uma redação de suas atividades sintetizando todo o processo e as questões enfrentadas.

Na segunda atividade, ampliamos a discussão para todos os alunos da turma. Mantendo a metodologia de aplicação fundamentada em uma atividade investigativa que apresenta um problema fechado e abertura nos procedimentos e conclusões. Retrata, novamente, o nível 2 da tabela 4 do capítulo 2.2. Este momento pode ser oportuno para uma discussão quanto à conversão entre as medidas encontradas pelos diferentes grupos: *A quantas unidades medidas pelo grupo A equivaleria a medida realizada pelo grupo B?*

Observe que perguntas como: *Como podemos saber se as carteiras de dois grupos distintos possuem a mesma medida? De que forma podemos proceder para que todos os alunos da sala venham a obter a mesma medição do tempo de uma carteira pré-definida pela turma?* Podem representar um reforço pertinente ao processo de investigação dos alunos. Por fim, esta unidade termina com o levantamento de características que seriam favoráveis e desfavoráveis na definição de um padrão de medida¹⁷

O conjunto das atividades desenvolvidas é enquadrado como um laboratório aberto.

Nesta unidade é destacado:

Tabela 9: Sistematização da unidade 2.

Tópicos	Pontos de destaque.
Objetivos	(1) Medir é uma forma de comparar. (2) construção de um padrão.
Currículo em CTS.	Apesar de não estar explícito, o currículo em CTS está presente na necessidade de formulação de um padrão de medida para atender a questões sociais.
Metodologia de Aplicação	Valorização do ambiente de discussão (habilidades críticas) (BRASIL, 2002) com a introdução de atividades investigativas de nível 2 e enquadradas na modalidade de um laboratório aberto.

Unidade 3.

Nesta unidade é esperado que os alunos sejam capazes de: (1) perceber a necessidade de uma diversidade de medidas para materiais de diferentes formas e com diferentes estados físicos, assim como (2) trabalhar na conversão destas diferenças, dando a possibilidade de comparar quantidades de diferentes naturezas.

¹⁷ Como as condições oferecidas para padrões definidos em função das partes do corpo de um representante nacional ou de um objeto.

A atividade desenvolvida nesta unidade tem a finalidade de assumir uma função maior do que aquela exposta por seus objetivos principais. Nesta unidade é encaminhada uma atividade de orientação interdisciplinar fundamentada nos pressupostos de um RPG na modalidade *Live Action*¹⁸, na qual os alunos interagem com o contexto pré-estabelecido e com regras definidas para atingir um objetivo final.

O objetivo final deste teatro interativo é alcançado quando os alunos conseguirem desenvolver métodos válidos para realizar trocas justas entre materiais de diferentes formas e estados físicos. Estas trocas estão fundamentadas nos princípios básicos de funcionamento de um mercado de trocas feudal. Nesse sentido, os alunos devem ter acesso a pequenos recipientes de diferentes formas e tamanhos, a instrumentos como uma balança de braço não graduada.

A sugestão básica de atividade para esta unidade consiste em fornecer a cada grupo de estudantes, o papel de produtor de terminado gênero: grãos, vinhos, tecidos e outros. Como produtores, os alunos devem estar cientes do processo de produção e de seus custos, para que no momento da atividade possam defender os interesses de seu produto dando a este um valor atribuído em função seu custo total de produção.

Orientando a atividade neste sentido, temos a introdução de temas ligados a outras disciplinas. Em primeiro momento temos a questão do contexto histórico das feiras feudais que podem, em conjunto com o professor de História, desenvolver temas como o sistema monetário feudal, renascimento do comércio e o ressurgimento das cidades. Junto ao professor de Geografia podem ser abordados temas como a linha de produção, a divisão do trabalho e o pré-capitalismo. Com a Matemática, é possível pensar no sistema monetário. Seguindo essa orientação podemos desenvolver uma série de atividades complementares relacionadas aos antigos mercados de trocas preparando o aluno para o desenvolvimento da atividade central.

Esta atividade deve ser desenvolvida de forma lúdica. Os alunos devem ser apresentados a uma proposta de teatro interativo onde cada grupo deve assumir um papel pré-definido pelo professor. Como reforço seria interessante a construção de um pequeno cenário e vestimentas, abrindo espaço para um trabalho em conjunto com o professor de Artes ou Teatro.

¹⁸ Ver Capítulo 2.3

Em um primeiro modelo de trabalho o professor atua como orientador da atividade. Avaliando e orientando se as atividades de troca realizadas estão ocorrendo de forma justa ou não. No entanto existe a possibilidade de outros modelos. Em um segundo modelo, um grupo de alunos seria responsável pela atividade de avaliação e o professor só agiria como orientador as avaliações realizadas por esse grupo.

Tabela 10: Sistematização das táticas metodológicas da unidade 3.

Tópicos	Pontos de destaque.
Modalidade de RPG	<i>Live Action.</i> Jogo de representação com interpretação direta dos personagens e a ação dos jogadores junto aos objetos oferecidos dentro do contexto da situação-problema apresentada.
Dos Alunos	Divididos em grupos, cada grupo assume o papel de um produtor de determinado gênero. Tendo estes que representar e defender o interesse de sua produção, mas sempre estando interessados em adquirir, através de trocas, os produtos oferecidos pelos demais grupos.
	Proposta alternativa onde um dos grupos passa a assumir o papel de avaliador das atividades.
Do professor	Atua como orientador das atividades de troca avaliando as ações de todos os grupos.
	Proposta alternativa onde o professor só atua junto a um dos grupos deixando que este participe da atividade como agente moderador das trocas realizadas.
Das trocas	Devem ser realizadas de acordo com as propostas estipuladas pelos alunos, sendo que muitas vezes fatores relacionados com questões econômicas e de produção podem definir a razão de troca. As trocas possam ser realizadas considerando aspectos simples como a comparação entre os pesos ou comprimentos. Neste momento, o professor pode ir orientando a atividade de acordo com seus interesses específicos.

A atividade desenvolvida nesta unidade pode ser compreendida como um problema aberto de acordo com a tabela 5 do capítulo 2.2 e como uma atividade investigativa de nível 3 de acordo com a tabela 4 do mesmo capítulo. O referencial em CTS está explícito, na medida em que o trabalho interdisciplinar acontece onde os alunos passam a vivenciar questões políticas, econômicas e culturais do momento histórico em que ocorre o mercado de trocas medieval.

Tabela 11: Sistematização da unidade 3.

Tópicos	Pontos de destaque.
Objetivos	(1) Perceber a necessidade de diferentes unidades de medidas. (2) trabalhar na conversão destas unidades.
Currículo em CTS.	A abordagem interdisciplinar está explícita no currículo em CTS.
Metodologia de Aplicação	Introdução de atividades investigativas de nível 3 e enquadradas na modalidade de um problema aberto, fazendo utilização da técnica de representação fundamentada em um RPG pedagógico.

Unidade 4.

Nesta unidade voltamos a tratar exclusivamente de uma proposta de atividades investigativa que orienta os alunos ao reconhecimento da (1) funcionalidade e necessidade da utilização de múltiplos e frações dos padrões de medidas convencionados, assim como o (2) reconhecimento da escolha de um sistema decimal de unidades. Para execução desta unidade, devemos possuir rolos de fita de papel e uma tira de pano, com comprimento de aproximadamente um metro, adotada como o padrão de medida da classe.

Confirmando com os alunos a adoção da tira de pano como o padrão de medida dá-se início à atividade. Primeiramente os alunos são instruídos a medir um comprimento que representa uma fração de nosso comprimento padrão. Ao medir o

comprimento de uma caneta, os alunos devem reconhecer a necessidade das subdivisões do comprimento padrão, quando realizam a tarefa de expressar o comprimento encontrado, em função da unidade padrão estipulada. Para facilitar a visualização, instruímos os alunos a medirem utilizando a fita de papel. O mesmo procedimento é tomado na atividade dois quando passamos a medir múltiplos de nosso padrão de medida.

A segunda atividade desta unidade pode sofrer variações. Uma proposta interessante seria estipular um problema real a ser resolvido, como por exemplo: dado um determinado azulejo, quantos azulejos é preciso comprar para colocar azulejos em todo o piso da sala de aula. Neste problema, além da medida do comprimento e da largura da sala de aula, podemos trabalhar com a unidade de área.

Como em qualquer atividade, os alunos devem recorrer ao professor. É importante lembrar que você não deve realizar as atividades pelos alunos. O professor deve procurar por novas perguntas que possam orientar o desenvolvimento da tarefa solicitada. É interessante que o professor questione sobre a escolha dos múltiplos e frações do padrão convencional direcionando o raciocínio para um sistema de medidas de características decimal. Ao final da unidade voltamos a confrontar os resultados obtidos e os procedimentos realizados.

Nesta unidade a atividade, proposta está de acordo com o nível 1 da tabela 4 do capítulo 2.2 contendo somente a conclusão em aberto, podendo ser comparada a um laboratório aberto, tabela 5 do capítulo 2.2, onde temos a introdução do trabalho experimental com a determinação e manipulação de quantidades.

Nesta unidade é destacado:

Tabela 12: Sistematização da unidade 4.

Tópicos	Pontos de destaque.
Objetivos	(1) Funcionalidade e necessidade da utilização de múltiplos e frações dos padrões de medidas convencionados (2) Reconhecimento da escolha de um sistema decimal de unidades.
Currículo em CTS.	Apesar de não estar explícito, o currículo em CTS está presente na necessidade de formulação de um padrão de

	medida para atender a questões sociais.
Metodologia de Aplicação	Valorização do ambiente de discussão (habilidades críticas) (BRASIL, 2002) com a introdução de atividades investigativas de nível 1 e comparada com modalidade de um laboratório aberto.

Unidade 5.

Iniciamos esta quinta unidade com a sistematização do conteúdo trabalhado nas unidades anteriores, recorrendo à contextualização histórica para apresentar a construção do Sistema Métrico Decimal. No decorrer do texto são oferecidos ao aluno recortes de publicações sobre o tema, assim como textos originais do INMETRO e IPEM¹⁹, dando a oportunidade de vivenciar a linguagem contida nesta modalidade de trabalho.

Para essa unidade não temos a necessidade de uma leitura sistemática e individual dos textos apresentados. Neste momento, o professor pode recorrer à utilização de uma apresentação em slides. É interessante que essa sistematização ocorra através da utilização dos textos oficiais e sempre assumindo a forma de um debate deixado para que o alunado participe na construção dos conceitos.

Após a realização dessa etapa, iniciamos um tratamento básico sobre os possíveis erros de medida envolvidos no ato de medir.

A atividade a ser desenvolvida é novamente a tarefa de medir. No entanto, neste momento orientamos aos alunos que utilizem diferentes réguas. Estas réguas podem ser previamente escolhidas pelo professor²⁰. Como sugestão pedimos que executem a média das dimensões de uma folha de papel A4, pois podemos fazer proveito de suas

¹⁹ Assim como apontado por *GODOI & FIGUEIRÔA (2008)* é importante a introdução de textos que tenham origem no INMETRO e no IPEM, com a finalidade de trazer para a sala de aula informações sobre estes órgãos, pois possuem um papel significativo em nosso contexto sócio-econômico.

²⁰ É conveniente que as réguas sejam bem diferentes umas das outras para que fique bem evidenciado as diferenças entre as diversas medidas.

dimensões previamente estabelecida pelo fabricante, como incentivo inicial a esta atividade. Questionamos os alunos quanto à veracidade das informações dadas pelo fabricante e pedimos que realizem a medida com diferentes réguas no objetivo de confirmar estas informações.

Após a medida, os alunos em seus grupos devem comparar os valores obtidos procurando justificar seus resultados. Observe que não é esperado dos alunos um tratamento profundo sobre erros de medida. A questão central é deixar evidente que (1) diferentes instrumentos de medidas podem oferecer diferentes medidas, (2) as diferenças entre as medidas podem estar relacionadas com a confecção dos instrumentos e que (3) essas diferenças também podem estar relacionadas com o próprio ato de medir²¹.

É interessante reforçar a necessidade de que todos os membros dos grupos utilizarem todas as réguas, pois possivelmente serão apresentadas diferenças entre medidas realizadas por uma pessoa ao utilizar diferentes réguas. Assim como, duas pessoas podem encontrar diferentes medidas ao utilizar uma mesma régua.

Após a etapa da atividade realizada em cada grupo, a turma deve ser mais uma vez orientada ao debate coletivo dos procedimentos e resultados.

Novamente temos uma atividade centrada em um processo investigativo onde somente a conclusão é colocada em aberto de forma que pode ser enquadrado o nível I (tabela 4 do capítulo 2.2), podendo ser comparada a um laboratório aberto (tabela 5 do capítulo 2.2).

Tabela 13: Sistematização da unidade 5.

Tópicos	Pontos de destaque.
Objetivos	<p>(1) diferentes instrumentos de medidas podem oferecer diferentes medidas. <i>da mesma grandeza?</i></p> <p>(2) as diferenças entre as medidas podem estar relacionadas com a <u>confecção dos instrumentos</u>.</p> <p>(3) as diferenças entre as medidas também podem estar relacionadas com o próprio ato de medir.</p>

²¹ Outras questões sobre os erros de medidas podem ser abordadas ou aprofundadas a critério do professor.

Currículo em CTS.	Apesar de não estar explícito, o currículo em CTS está presente na necessidade de formulação de um padrão de medida para atender a questões sociais.
Metodologia de Aplicação	Valorização do ambiente de discussão (habilidades críticas) (BRASIL, 2002) com a introdução de atividades investigativas de nível 1 e comparada com a modalidade de um laboratório aberto.

Unidade 6.

Nesta última unidade é retomado o trabalho fundamentado no currículo do Ensino Médio no enfoque em Ciência, Sociedade e Tecnologia introduzindo uma questão quanto à modernização da definição atribuída à unidade padrão de um sistema de medida. Esta unidade produz uma reflexão sobre os temas trabalhados nas unidades anteriores, remontando à questão social envolvida em um padrão de medida.

Nesta unidade, os grupos devem levantar pontos que representem fatores que apontam para a necessidade da redefinição deste padrão. Após os grupos terem levantados seus pontos particulares, a discussão pode ser levada para o conjunto da turma onde os grupos executariam a comparação entre os fatores levantados e o professor instruiria essa atividade através de questionamentos quanto à veracidade destes fatores, o que poderia ser direcionado como uma atividade de pesquisa por parte dos alunos.

Tabela 14: Sistematização da unidade 6.

Tópicos	Pontos de destaque.
Objetivos	(1) A importância de modernizar um padrão de unidades
Currículo em CTS.	Forte presença do conteúdo curricular em CTS enquadrado no <i>Efeito da Sociedade sobre a Ciência com Incorporação das ciências ao conteúdo de CTS.</i>
Metodologia de Aplicação	Pode ser estendida para uma questão aberta

5. Considerações finais.

Primeiramente é importante ressaltar a importância das muitas possibilidades abertas através da implementação de um projeto didático nas modalidades deste trabalho, tendo o aluno a possibilidade de participar do processo de investigação, assim como, de observar os conteúdos inseridos no contexto social e cotidiano. Além disto, possibilita a introdução de uma atividade em direção a um ensino interdisciplinar acompanhada de uma forma lúdica de ação que valoriza a participação do aluno e a construção de competências críticas.

Em segundo, é preciso comentar sobre o tempo de aplicação. A quantidade de aulas necessárias para o desenvolvimento das atividades depende do nível de aprofundamento e da dinâmica do público alvo. Para as unidades um, dois, quatro, cinco e seis são estimados um tempo de aplicação de uma hora e quarenta minutos (dois tempos de aula de 50 minutos). Para a terceira unidade, o tempo necessário pode se estender consideravelmente em virtude das interações com outras disciplinas, considerando-se como mínimo ideal um tempo para promover a apresentação da proposta, seguindo de uma pausa para que os alunos tenham a possibilidade de pesquisar sobre as funções atribuídas e mais dois tempos para o desenvolvimento da atividade.

Sugerimos que os grupos sejam constituído, no máximo, por de cinco alunos, Assim como, a presença de um segundo professor em sala. Este atuação abre caminho para a parceria entre as universidades e as salas de aula, muitas vezes que estes co-aplicadores podem ser alunos de licenciatura ainda em formação. Desta parceria, podemos traduzir uma aproximação entre a pesquisa em ensino de ciências desenvolvida nos centros universitários e da atuação profissional do professor em sala de aula. (OSTERMANN e REZENDE, 2005)

Por ultimo, devo observar que existe uma proposta de aplicação a ser realizado no Colégio Pedro Segundo na forma de um curso livre. Esta será uma experiência a ser organizada em três encontros de aproximadamente dois tempos de 50 minutos com uma semana de pausa entre cada encontro. No primeiro encontro serão aplicadas as unidades um e dois, no segundo encontro a unidade três e, no terceiro encontro, as unidades

quatro, cinco e seis. A estratégia de aplicação foi adaptada segundo o perfil do público alvo e da demanda de tempo. As aulas serão gravadas em áudio e vídeo produzindo dados para a pesquisa em Ensino de Física, que serão apresentadas oportunamente.

6. Bibliografia

- AMARAL, R. R. do. (2008); *Uso do RPG pedagógico para o Ensino de Física*. Dissertação de mestrado – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências (PRPPG).
- AZEVEDO, M. C. P. S. (2004); *Ensino por Investigação: Problematizando as Atividades em Sala de Aula*. In. CARVALHO, A.M. P..(Org). *Ensino de Ciências – Unindo a Pesquisa e a Prática*.-São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p.19-33.
- BARGALLÓ, C. M. & PRAT, A. (2010); *Favorecer la argumentación a partir de la lectura de textos* in *Alambique Didática de las Ciencias Experimentales*, n. 63 p. 39-49.
- BERNARDO, J. R. R. (2008); *A construção de estratégias para abordagem do tema Energia a luz do enfoque Ciência–Tecnologia – Sociedade (CTS) junto a professores de Física do ensino médio*. Tese (Doutorado em Ensino de Biociências e Saúde) – Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 246p.
- BORGES, A. T. (2002); *Rumos para o laboratório escolar de ciências*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19 , n.3
- BRASIL (2002), *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)*, Ensino Médio, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. MEC. Brasil.
- DIAS, J. L. de M. (1998); *Medida, Normalização e Qualidade: Aspectos da história da metrologia no Brasil*, INMETRO, Rio de Janeiro – RJ
- GEHLEN, S. T.; AUTH, M. A.; AULER, D.; MALDANER ; O. A. E ARAÚJO M. C. P. (2008); *Freire e Vigotski no contexto da Educação em Ciências: aproximações e distanciamentos*, Revista Ensaio-Pesquisa em educação em Ciências, Vol. 10, No 2, p. 267-282, <http://www.fae.ufmg.br/ensaio/> (acesso: 03/04/2010).
- GODOI, L. C. DE O. & FIGUEIRÔA, S. F. DE M. (2008); *Dois pesos e duas medidas: uma proposta para discutir a natureza do sistema de unidades de medida na sala de aula*; Cad. Brás. Ens. Fís, Vol. 25, No 3 – p. 523 – 545.
- INMETRO. (2007); *Sistema Internacional de Unidades - SI*. 8. ed.(revisada) Rio de Janeiro, 114 p.
- LUZ, A. M. R. DA; ÁLVARES, B. A. (2005); *Curso de Física*, Volume 1, São Paulo; Ed. Scipione (Coleção Curso de Física)

- MELO D. O. de (2009); *Unidades e Grandezas Físicas: Um tema estruturador do Ensino de Física*. (Monografia de final do curso de Licenciatura em Física IF/UFRJ)
- MUNFORD, D. E; LIMA, M. E. C. DE C.. (2007); *Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo?*, Revista Ensaio-Pesquisa em educação em Ciências, Vol. 9, No 1, p. 72-89, <http://www.fae.ufmg.br/ensaio/> (acesso: 03/04/2010).
- PAULA. A. G. (2005); *Uma proposta de abordagem para a levitação eletrodinâmica no ensino médio segundo o enfoque CTS - Ciência, Tecnologia e Sociedade*. (Monografia de final do curso de Licenciatura em Física IF/UFRJ)
- PENHA, S. P. (2006); *A Física e a Sociedade na TV*. (Dissertação de Mestrado), CEFET-RJ
- RAMOS, E. M. F. & FERREIRA, N. C. (1998); *Brinquedos e jogos no ensino de Física*. In: Roberto Nardi (org.) Pesquisa em ensino de Física. Escrituras Editora. São Paulo, p. 127 – 138.
- REZENDE, F. e OSTERMANN, F (2005); *A Prática do Professor e a Pesquisa em Ensino de Física: Novos Elementos para repensar essa relação*. Cad. Brás. Ens. Fís., v. 22, n. 3: p. 316-337, dez. 2005.
- MORTIMER, E. F. E SANTOS, W. L. P. (2000); *Uma Análise de Pressupostos Teóricos da Abordagem CTS (Ciência-Tecnologia-Sociedade) no Contexto da Educação Brasileira*. Revista Ensaio-Pesquisa em educação em Ciências, vol. 2(2), p.133-162 <http://www.fae.ufmg.br/ensaio/> (acesso: 14/09/2008).
- SCHÖN, D. (1992); *Formar professores como profissionais reflexivos*. In: NÓVOA A. (coord.), Os professores e a sua formação. Lisboa: Dom Quixote, p. 77-91
- VICENTE, E. C. F. P. (2006); *RPG aplicado à Área de Física. Trabalho de instrumentação para o Ensino de Física*, prof. Orientador: Dirceu da Silva. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP - IFGW)
- ZEICHNER, K. M. (2003); *Formando professores reflexivos para a educação centrada no aluno: possibilidades e contradições*. In: BARBOSA, Raquel L. L. (org.) Formação de Professores: desafios e perspectivas. São Paulo: Editora UNESP, p. 35-55.

Consulta de endereços eletrônicos:

- <http://www.ipem.sp.gov.br/> em 12 de julho de 2010 às 14h e 25 min.
- <http://www.inmetro.gov.br/> em 12 de julho de 2010 às 14h e 25 min.

Anexo I: O Material do aluno.

Unidade 1: Padrões e medidas em nosso cotidiano.

Atividade: Essa atividade será dividida em duas etapas. Primeiramente, leia, junto ao seu grupo o texto 1, debatendo sobre os principais aspectos do texto. Em seguida, leia o texto 2. Por fim, junto ao seu grupo, construa um pequeno texto que faça um levantamento dos fatores comuns aos dois textos, resumindo suas idéias, conclusões e destacando a problemática central do tema.

Texto 1: Inmetro analisa campos de futebol (Fantástico, Rede Globo de Televisão - 13/08/2006)

Será que é mais fácil marcar gol no Maracanã ou no Estádio da Ponte Preta em Campinas? No Maracanã! Sabe por quê? Porque o tamanho do gol do Maracanã é maior!

O Inmetro fez o teste nos campos de futebol e encontrou centímetros e centímetros de diferença.

Você vai saber agora, com exclusividade, se os campos brasileiros estão de acordo com as regras oficiais da FIFA. Com a colaboração da CBF e do Ministério do Esporte, nove estádios foram esmiuçados pelos técnicos do Inmetro durante os meses de março e abril:

- Arena da Baixada, em Curitiba
- Arruda, no Recife
- Castelão, em Fortaleza
- Maracanã, no Rio
- Mineirão, em Belo Horizonte
- Moisés Lucarelli, em Campinas
- Morumbi e Pacaembu, em São Paulo

- Serra Dourada, em Goiás

Segundo a FIFA, o campo pode ter uma medida variável: entre 90 e 120 metros de comprimento por 75 a 90 metros de largura. Mas as medidas da grande e da pequena área, da marca do pênalti e do gol devem ser as mesmas em todos os campos. E os nove estádios analisados têm pelo menos uma medida fora do padrão.

Grande área

No caso da grande área, ela tem que ter 16,5 metros de comprimento. Nos estádios brasileiros, os números são outros. No Castelão, em Fortaleza, por exemplo, a grande área tem 18 centímetros a mais. E no Pacaembu, a maior grande área do Brasil, são 16,7 metros, ou 20 centímetros a mais do que deveria.

Marca do pênalti

O Pacaembu... foi reprovado também nesse quesito: quando os times vão cobrar um pênalti, a bola fica 18 centímetros mais perto do gol.

Gol

Depois de medir o campo, os técnicos do Inmetro entraram na pequena área para medir o gol! Ou melhor, as traves.

Repórter: Você tem idéia qual a altura oficial de um gol? Roger, jogador do Corinthians: Do gol, 2,44 metros de altura e 7,32 de largura. A resposta está certa Roger, mas dos nove estádios testados pelo Inmetro, apenas no Arruda, no Recife, as traves estão deste tamanho. Nos outros oito elas estão menores ou maiores.

Será que um centímetro faz diferença? “Se chutar um centímetro pra lá, faz... Se chutar um centímetro pra cá, já não faz”, brinca Delfino Russo, torcedor.

O maior e mais famoso estádio do Brasil é também o que tem a trave mais alta: ela fica a 7 centímetros acima da medida oficial. No Maracanã, leva vantagem o time que precisa marcar no lado esquerdo do campo.

De um ângulo, o travessão fica a 2,51 centímetros do chão! Diego, goleiro do Flamengo, já tinha notado algo estranho após a reforma do gramado do Maracanã: “Após essa reforma tava um pouquinho mais elevado o gol”, disse.

Mas se os goleiros sofrem no Maracanã, os atacantes têm motivos para reclamar dos jogos em Campinas. De todos os gols analisados, o de Campinas é o mais baixo de todos. Fica no estádio Moises Lucarelli. Ele tem de altura 14 centímetros a menos do que o do

Maracanã. É fácil perceber, é bem mais fácil de tocar no travessão. Nem precisa de muita tecnologia de medição, basta dar uma de goleiro.

“É lógico que faz diferença, até pra quem bate falta, né? Você treina exaustivamente durante a semana. Se for menor, isso dificulta”, diz Roger.

E agora, o que vai acontecer? “A CBF e o Inmetro chegaram a um consenso: essas medidas podem ser corrigidas, sem muito trabalho para o administrador, visando a melhoria da qualidade do espetáculo”, Marcos Borges, engenheiro de análises, do Inmetro.

Em nota, a CBF informou que já pediu às federações estaduais de futebol providências para corrigir as medidas, o que deve ocorrer em breve.

Os ajustes também são importantes para que os estádios brasileiros possam sediar a Copa do Mundo de 2014.

Retirado e adaptado da internet às 18h58min do dia 13 de Julho de 2009, do endereço eletrônico

<http://fantastico.globo.com/Jornalismo/FANT/0,,MUL695892-15605,00.html>

Texto 2: Ipem reprova papel higiênico fora da medida; multa pode chegar a R\$ 50 mil. (Folha Online - 09/06/2009)

O Ipem-SP (Instituto de Pesos e Medidas do Estado de São Paulo) verificou nesta semana as medidas de 46 rolos de papel higiênico de folha simples e dupla (de 20, 30, 50, 60 e 300 metros) vendidos no Estado.

Oito lotes apresentaram irregularidades, como comprimento e largura menores do que o indicado no pacote (17,39%). Em 2007, uma operação semelhante a essa, denominada "De olho no Rolo", examinou 42 lotes de papel higiênico e 11 lotes apresentaram erros quantitativos (26,19%).

"Apesar da diminuição, o índice de irregularidades ainda é muito alto e causa prejuízo ao consumidor", afirmou Vera Lúcia Gonçalves, supervisora técnica do núcleo de fiscalização de pré-medidos do Ipem-SP.

Os rolos foram analisados nos oito laboratórios do Ipem no Estado. Para verificar se as dimensões correspondem ao indicado na embalagem, os técnicos desenrolam o papel higiênico e medem o comprimento e a largura do papel.

A maior irregularidade desta operação foi encontrada pelo laboratório de São José do Rio Preto. Faltavam em média 83,5 metros (27,82%) no comprimento do papel Dubbon

de 300 m x 10 cm, da empresa Multipaper do Brasil. Em uma das amostras chegou a faltar quase 105 metros de papel no rolo. As outras duas marcas analisadas por este laboratório (BI Plus e Finus) foram aprovadas.

Das seis marcas verificadas pelo laboratório da capital (Mili, Scott, Neve, Mirafiori, Aro e Personal), apenas duas apresentavam medidas inferiores às informadas e foram reprovadas. O levantamento apontou falta em média de 19 cm (0,38%) no comprimento do papel higiênico aerado Mirafiori de 50 m x 10 cm da Manikraft Guainazes. Também faltou em média de 65 cm (0,22%) no comprimento do papel higiênico institucional Mili de 300 m x 10 cm da Mili.

Também foram encontradas irregularidades nos laboratórios de Campinas e Ribeirão Preto. Em Campinas, metade das seis marcas (Primavera, Scott, BI Plus, Dama, Mili Bianco e Stxlus) foram reprovadas por erros na média das embalagens analisadas.

Os laboratórios de Bauru, Presidente Prudente, São Carlos e São José dos Campos analisaram no total 25 lotes de papéis higiênicos e houve 100% de aprovação.

O Ipem informou que as empresas irregulares foram autuadas e devem retirar os lotes de produtos defeituosos dos pontos de venda. Há um prazo dez dias para apresentação de defesa junto à superintendência do Ipem-SP. Após esse período, há uma análise jurídica e administrativa para aplicação de penalidade administrativa, e multas que variam de R\$ 100 a R\$ 50 mil, dobrando na reincidência.

Retirado e adaptado da internet às 17h38min do dia 13 de Julho de 2009, do endereço eletrônico <http://www1.folha.uol.com.br/folha/dinheiro/ult91u435976.shtm>

Unidade 2: Construindo unidades e padrões

Atividade 1: Nossa tarefa é a de medir. Para isso, tomaremos a medição do comprimento de um objeto comum à turma e a todos os grupos, segundo a orientação do professor. Para a execução desta tarefa não faremos uso de instrumento de medida convencional e todos os membros do grupo devem fazer pelo menos uma medida e tomar nota de seus resultados, assim como, fazer uma comparação entre os resultados obtidos.

Ao finalizar esta atividade o grupo deve elaborar um pequeno texto relatando os procedimentos tomados durante a medição. Transcrevendo suas medidas e expondo uma reflexão sobre suas comparações.

Atividade 2: Nesta segunda atividade teremos que responder a uma simples pergunta: *Como podemos ter certeza se os objetos comuns aos grupos, medidos por grupos distintos, possuem a mesma medida?* Para isso teremos que compartilhar os resultados e relatos de todos os grupos, confrontando suas idéias.

Atividade 3: Retorne a seu grupo de trabalho e junto aos demais membros construa uma tabela que relacione características ruins e boas para a definição de um padrão de medida.

Unidade 3: A necessidade de um padrão

Hoje, medimos os comprimentos relevantes as nossas experiências cotidianas utilizando o Sistema Métrico Decimal. No entanto, a formulação deste sistema de unidades data da Revolução Francesa e sua utilização universal de quase cem anos mais tarde.

Antes da definição do sistema métrico, as unidades eram estabelecidas de forma bastante arbitrária. Cada região adotava sua própria forma de medir. Muitas vezes definidas em função das partes do corpo de seus soberanos (LUZ e ÁLVARES, 2005; IPEM – SP). Como exemplo, temos: a Jarda, utilizada pela Inglaterra, instituída como a distância entre o nariz do rei e a extremidade de seu polegar; o Polegar, como a largura do dedo polegar do rei e o pé como o comprimento do pé do rei. (DOCA, BISCUOLA e BÔAS, 2001)

Com Renascimento e o crescente desenvolvimento do comércio durante o período feudal a necessidade de se estabelecer padrões de medidas se fortaleceu gradualmente.

“... as pessoas de uma região não estavam familiarizadas com o sistema de medir das outras regiões, e também porque os padrões adotados eram, muitas vezes, subjetivos. As quantidades eram expressas em unidades de medir pouco confiáveis, diferentes umas das outras e que não tinham correspondência entre si. A necessidade de converter uma medida em outra era tão importante quanto a necessidade de converter uma moeda em outra...”

(Retirado da internet em 04 de outubro de 2009 as 20h28min do endereço eletrônico <http://www.ipem.sp.gov.br/5mt/unidade.asp?vpro=historia>)

As antigas feiras medievais conhecidas como mercados de Burgos eram lugares específicos para a realização das transações comerciais da época. As diferenças monetárias e as particularidades na produção entre as diferentes regiões transformavam esses locais em grandes centros de trocas (CÁRCERES, 1996).

Atividade:

Para compreender melhor a necessidade de estabelecer padrões de medida podemos reproduzir um das antigas feiras medievais. Esta é a tarefa proposta para a atividade desta unidade. Mas para efetuarmos tal simulação é preciso estabelecer algumas pequenas regras na finalidade de promover uma aproximação com a realidade das feiras medievais.

I . Apesar da existência de uma moeda, essa é pouco utilizada e a principal ferramenta para o comércio e o sistema de trocas de produtos, que ocorre segundo as necessidades de subsistência de cada região.

II. Os grupos devem se organizar como unidades produtoras que necessitam dos produtos de outras unidades para sua sobrevivência. Tais unidades devem defender seus interesses, procurando realizar trocas justas e ter conhecimento sobre sua produção.

III. Os produtos são essencialmente agrícolas e manufaturados. Podem ser selecionados por seu gênero, por exemplo: Grãos, Vinhos, Tecidos, Carnes. Os grupos devem escolher produtos de forma mais diversificada o possível, seguindo a orientação do professor.

IV. O professor fornecerá uma orientação sobre as regras específicas do mercado de trocas. De forma geral não são permitidas referências às unidades de medidas de nosso cotidiano, sendo o professor o regulamentador responsável pelas trocas, acusando se essas são válidas ou não.

Unidade 4: Entendendo o Sistema Decimal.

Medir não é tão simples. Na atividade anterior percebemos que existem muitas formas de medidas convencionadas de acordo com sua funcionalidade e necessidade. Nem sempre temos que medir comprimentos, nem tão pouco, quantidades que estão inseridas em nossas experiências cotidianas. Como então medir o comprimento do raio de um núcleo atômico ou a distância da Terra à Lua?

Atividade 1: Nesta atividade, voltamos a , sendo que agora cada grupo receberá as seguintes ferramentas:

- a. Uma tira de pano, instituída como nosso de comprimento.
- b. Um rolo de fita de papel. (ex. Fita de máquina de calcular).

E teremos a preocupação de colocar nosso medido de acordo com nosso comprimento padrão definido pela tira de pano.

Cada grupo deverá efetuar a medição dos itens listados e determinar a que quantidade de nosso comprimento padrão equivale seus comprimentos:

1. Uma caneta, determinada pelo grupo.
2. O comprimento de nossa sala de aula.

Ao finalizar esta atividade cada grupo deve elaborar um pequeno texto relatando os procedimentos tomados durante a medição e a conversão dos tamanhos para o comprimento padrão.

Atividade 2: Comparando os resultados e procedimentos.

Unidade 5: Erros de medida.

O Sistema Métrico Decimal e o SI

Em virtude de todas as dificuldades impostas pela pluralidade de padrões de medidas em 7 de abril de 1795, a Revolução Francesa apresentou uma de suas mais significativas contribuições. Naquela data, a França instituiu, em território nacional francês, o Sistema Métrico Decimal, de utilização obrigatória, incluído nos currículos escolares, mantendo os antigos sistemas de medida até 1840. A partir desta data, qualquer outra forma de medir que não fosse pelo Sistema Métrico Decimal era considerada ilegal. (LUZ e ÁLVARES, 2005; IPEM – SP,)

A eficiência do Sistema Métrico passou a ser conhecida em outros países, quando em 20 de maio de 1875, em Paris foi realizado a Convenção do Metro. (LUZ e ÁLVARES, 2005; IPEM – SP)

“...Dentro do Sistema Métrico Decimal, a unidade de medir a grandeza comprimento foi denominada metro e definida como "a décima milionésima parte da quarta parte do meridiano terrestre" (dividiu-se o comprimento do meridiano por 40.000.000). Para materializar o metro, construiu-se uma barra de platina de secção retangular, com 25,3mm de espessura e com 1m de comprimento de lado a lado.”

(Retirado da internet em 04 de outubro de 2009 as 20h28min do endereço eletrônico <http://www.ipem.sp.gov.br/5mt/unidade.asp?vpro=historia>)

“O Bureau Internacional de Pesos e Medidas - BIPM (Bureau International de Poids et Mesures) foi criado pela Convenção do Metro, assinada em Paris, em 20 de maio de 1875 por 17 Estados (o Brasil entre eles), por ocasião da última seção da Conferência Diplomática do Metro. O BIPM tem sua sede perto de Paris, nos domínios do Pavilhão Breuil, posto à sua disposição pelo governo francês. Quanto às despesas, sua manutenção foi

assegurada pelos Estados membros da Convenção do Metro, que hoje é integrada por 48 países. O BIPM tem por missão assegurar a unificação mundial das medidas físicas, sendo encarregado de:

- estabelecer as unidades e os padrões internacionais das principais grandezas físicas e de conservar os protótipos internacionais;*
- efetuar a comparação dos padrões nacionais e internacionais;*
- assegurar a coordenação das técnicas de medições correspondentes;*
- efetuar e coordenar as determinações relativas às constantes físicas que intervêm naquelas unidades.*

O Bureau Internacionais de Pesos e Medidas funciona sob fiscalização exclusiva do Comitê Internacional de Pesos e Medidas, sob autoridade da Conferência Geral de Pesos e Medidas.”

(Retirado da internet em 04 de outubro de 2009 as 20h28min do endereço eletrônico <http://www.ipem.sp.gov.br/5mt/unidade.asp?vpro=historia>)

Com a criação do BIPM a utilização do Sistema Métrico Decimal foi avançando pelo mundo rapidamente. Começaram a surgir outras unidades de medidas baseadas no sistema métrico decimal e unidades derivadas quando, em 1960, durante a 11ª Conferência de Pesos e Medidas, também realizada em Paris, foi formulado o Sistema Internacional de Unidades (S.I.) fundamentado nos padrões do Sistema Métrico Decimal.

“O Sistema Internacional de Unidades - SI foi sancionado em 1960 pela Conferência Geral de Pesos e Medidas, constituindo a expressão moderna e atualizada do antigo Sistema Métrico Decimal, ampliado de modo a abranger os diversos tipos de grandezas físicas, compreendendo não somente as medições que ordinariamente interessam ao comércio e à indústria (domínio da metrologia legal), mas estendendo-se completamente a tudo o que diz respeito à ciência da medição.

O Brasil adotou o Sistema Internacional de Unidades - SI em 1962. A Resolução nº 12 de 1988 do Conselho Nacional de Metrologia,

Normalização e Qualidade Industrial - CONMETRO ratificou a adoção do SI no País e tornou seu uso obrigatório em todo o território nacional."

(Retirado da internet em 04 de outubro de 2009 as 20h28min do endereço eletrônico <http://www.ipem.sp.gov.br/5mt/unidade.asp?vpro=historia>)

Tabela 1: Unidades fundamentais do S.I.

GRANDEZA	[UNIDADES SI DE BASE]	
	NOME	SÍMBOLO
comprimento	metro	m
massa	quilograma	kg
tempo	segundo	s
corrente elétrica	ampère	A
temperatura termodinâmica	kelvin	K
quantidade de matéria	mol	mol
intensidade luminosa	candela	cd

Fonte: INMETRO. SISTEMA Internacional de Unidades - SI. 8. ed.(revisada) Rio de Janeiro, 2007. 114 p.

Na unidade anterior trabalhamos a necessidade de diferentes padrões de medidas. Muitos desses padrões são apresentados como derivações diretas das unidades fundamentais.

Tabela 2: Unidades derivadas das fundamentais do S.I.

GRANDEZA	[UNIDADE SI]	
	NOME	SÍMBOLO
superfície	metro quadrado	m ²
volume	metro cúbico	m ³
velocidade	metro por segundo	m/s
aceleração	metro por segundo ao quadrado	m/s ²
número de ondas	metro elevado à potência menos um (1 por metro)	m ⁻¹
massa específica	quilograma por metro cúbico	kg/m ³
volume específico	metro cúbico por quilograma	m ³ /kg
densidade de corrente	ampère por metro quadrado	A/m ²
campo magnético	ampère por metro	A/m
concentração (de quantidade de matéria)	mol por metro cúbico	mol/m ³
luminância	candela por metro quadrado	cd/m ²
índice de refração	(o número) um	1*

Fonte: INMETRO. SISTEMA Internacional de Unidades - SI. 8. ed.(revisada) Rio de Janeiro, 2007.

Outras unidades, especiais, e possuidoras de nome próprio também são derivações das unidades fundamentais do S.I..

Tabela 3: Unidades especiais derivadas das fundamentais do S.I.

GRANDEZA DERIVADA	UNIDADE SI DERIVADA			
	NOME	SÍMBOLO	EXPRESSÃO EM OUTRAS UNIDADES SI	EXPRESSÃO EM UNIDADES SI DE BASE
ângulo plano	radiano ^(a)	rad		$m \cdot m^{-1} = 1^{(b)}$
ângulo sólido	esterradiano ^(a)	sr ^(c)		$m^2 \cdot m^{-2} = 1^{(b)}$
freqüência	hertz	Hz		s^{-1}
força	newton	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
pressão, esforço	pascal	Pa	N / m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
energia, trabalho, quantidade de calor	joule	J	$N \cdot m$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
potência, fluxo de energia	watt	W	J / s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
quantidade de eletricidade, carga elétrica	coulomb	C		$s \cdot A$
diferença de potencial elétrico, força eletromotriz	volt	V	W / A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
capacidade elétrica	farad	F	C / V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
resistência elétrica	ohm	Ω	V / A	$m^2 \cdot kg^{-1} \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
condutância elétrica	siemens	S	A / V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^3$
fluxo de indução magnética	weber	Wb	$V \cdot s$	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
indução magnética	tesla	T	Wb / m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
indutância	henry	H	Wb / A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
temperatura Celsius	grau Celsius ^(d)	$^{\circ}C$		K
fluxo luminoso	lúmen	lm	$cd \cdot sr^{(c)}$	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd = cd$
iluminamento	lux	lx	lm / m^2	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd = m^{-2} \cdot cd$
atividade (de um radionucléico)	becquerel	Bq		s^{-1}
dose absorvida, energia específica, (comunicada), kerma	gray	Gy	J / kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
equivalente de dose, equivalente de dose ambiente, equivalente de dose direcional, equivalente de dose individual, dose equivalente num órgão	sievert	Sv	J / kg	$m^2 \cdot s^{-2}$

(a) O radiano e o esterradiano podem ser utilizados nas expressões das unidades derivadas, a fim de distinguir grandezas de natureza diferente tendo a mesma dimensão. No Quadro 4 são dados exemplos de sua utilização para formar nomes de unidades derivadas.

(b) Na prática, empregam-se os símbolos rad e sr, quando útil, porém a unidade derivada "1" não é habitualmente mencionada.

(c) Em fotometria, mantêm-se, geralmente, o nome e o símbolo do esterradiano, sr, na expressão das unidades.

(d) Esta unidade pode ser utilizada associada aos prefixos SI, como, por exemplo, para exprimir o submúltiplo miligrâu Celsius, m $^{\circ}C$.

Fonte: INMETRO. SISTEMA Internacional de Unidades - SI. 8. ed.(revisada) Rio de Janeiro, 2007.

Observe que algumas dessas unidades estão bem presentes em nossa experiência cotidiana e que todas as unidades se apresentam como derivações das unidades fundamentais do S.I..

Nossa experiência cotidiana mostra que os valores medidos são expressos em quantidades que pode variar de forma considerável. Algumas vezes temos a necessidade de medir quantidades tão pequenas que não podem ser observadas diretamente por nossa capacidade visual, outras vezes medimos quantidades extremamente grandes. Desta forma, o nosso Sistema Métrico é por definição caracteristicamente decimal. Na tabela 3 podemos observar os múltiplos e frações desse sistema de medidas que permitem trabalhar com uma diferentes escalas de medidas.

Tabela 3: Prefixos multiplicadores adotados no S.I.

FATOR PELO QUAL A UNIDADE É MULTIPLICADA	PREFIXO	SÍMBOLO
1 000 000 000 000 = 10^{12}	tera	T
1 000 000 000 = 10^9	giga	G
1 000 000 = 10^6	mega	M
1 000 = 10^3	quilo	k
100 = 10^2	hecto	h
10 = 10^1	deca	da
0,1 = 10^{-1}	deci	d
0,01 = 10^{-2}	centi	c
0,001 = 10^{-3}	mili	m
0,000 001 = 10^{-6}	micro	μ
0,000 000 001 = 10^{-9}	nano	n
0,000 000 000 001 = 10^{-12}	pico	p

Fonte: INMETRO. SISTEMA Internacional de Unidades - SI. 8. ed.(revisada) Rio de Janeiro, 2007.

Desta forma definimos uma série de padrões e normas para efetuar as mais diversas medidas. Contudo é possível afirmar que esse conjunto de padrões e normas garante uma medida correta?

Atividade 1: Nesta atividade tomaremos uma mesma medida com diferentes instrumentos. Desta forma, cada grupo deve ter em mãos diferentes réguas, sejam pelo material ou formato.

Tomando como objeto de nossa medição uma folha de papel A4, cujas dimensões são definidas pelo fabricante. Cada membro do grupo realizará suas medições com cada uma das réguas, sempre anotando os valores obtidos.

1. Os resultados obtidos são correspondentes?
2. Se todos os membros do grupo utilizarem a mesma régua para medir teríamos necessariamente o mesmo resultado? Explique?

Atividade 2: Comparando os resultados.

Unidade 6: Evolução do padrão de Metro.

“A definição do metro baseada no protótipo internacional em platina COMPRIMENTO (METRO) iridiada, em vigor desde 1889, foi substituída na 11ª CGPM (1960) por uma outra definição baseada no comprimento de onda de uma radiação do criptônio 86, com a finalidade de aumentar a exatidão da realização do metro. A 17ª CGPM (1983, Resolução 1; CR 97 e Metrologia, 1984, 20,25) substituiu, em 1983, essa última definição pela seguinte: “O metro é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de $1/299\,792\,458$ de segundo.” Essa definição tem o efeito de fixar a velocidade da luz em $299\,792\,458$ m.s-1, exatamente. O antigo protótipo internacional do metro, que fora sancionado pela 1ª CGPM em 1889, é conservado no Bureau Internacional de Pesos e Medidas nas mesmas condições que foram fixadas em 1889.”

INMETRO. SISTEMA Internacional de Unidades - SI. 8. ed.(revisada) Rio de Janeiro, 2007. 114 p.)

Atividade I: Por quais motivos você acha que a sociedade considerou importante aprimorar a definição do metro de acordo com os avanços científicos?

Bibliografia:

CÁRCERES F. (1996); *História Geral*; Ed Moderna; São Paula.

DOCA, R. H.; BÍSCUOLA, G. J. & BÔAS, V. N. (2001); *Tópicos de Física* (coleção), vol. 1- 18 ºEdição, Ed. Saraiva – São Paulo.

INMETRO. (2007); *Sistema Internacional de Unidades - SI*. 8. ed.(revisada) Rio de Janeiro, 114 p.

LUZ, A. M. R. DA; ÁLVARES, B. A. (2005); *Curso de Física*, Volume 1, São Paulo; Ed. Scipione (Coleção Curso de Física)

Consulta de endereços eletrônicos:

- <http://www.ipem.sp.gov.br/> em 12 de julho de 2010.
- <http://www.inmetro.gov.br/> em 12 de julho de 2010.

SI

Tradução da publicação do BIPM Resumo do Sistema Internacional de Unidades - SI

A metrologia é a ciência da medição, abrangendo todas as medições realizadas num nível conhecido de incerteza, em qualquer domínio da atividade humana.



O protótipo internacional do quilograma, K, o único padrão materializado, ainda em uso, para definir uma unidade de base do SI.

O Bureau International de Pesos e Medidas, o BIPM, foi criado pelo artigo 1º da Convenção do Metro, no dia 20 de maio de 1875, com a responsabilidade de estabelecer os fundamentos de um sistema de medições, único e coerente, com abrangência mundial. O sistema métrico decimal, que teve origem na época da Revolução Francesa, tinha por base o metro e o quilograma. Pelos termos da Convenção do Metro, assinada em 1875, os novos protótipos internacionais do metro e do quilograma foram fabricados e formalmente adotados pela primeira Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), em 1889. Este sistema evoluiu ao longo do tempo e inclui, atualmente, sete unidades de base. Em 1960, a 11ª CGPM decidiu que este sistema deveria ser chamado de Sistema Internacional de Unidades, SI (*Système international d'unités, SI*). O SI não é estático, mas evolui de modo a acompanhar as crescentes exigências mundiais demandadas pelas medições, em todos os níveis de precisão, em todos os campos da ciência, da tecnologia e das atividades humanas. Este documento é um resumo da publicação do SI, uma publicação oficial do BIPM que é uma declaração do status corrente do SI.

As sete **unidades de base** do SI, listadas na tabela 1, fornecem as referências que permitem definir todas as unidades de medida do Sistema Internacional. Com o progresso da ciência e com o aprimoramento dos métodos de medição, torna-se necessário revisar e aprimorar periodicamente as suas definições. Quanto mais exatas forem as medições, maior deve ser o cuidado para a realização das unidades de medida.

Tabela 1 - As sete unidades de base do SI

Grandeza	Unidade, símbolo : definição da unidade
comprimento	metro, m : O metro é o comprimento do trajeto percorrido pela luz no vácuo durante um intervalo de tempo de 1/299 792 458 do segundo. <i>Assim, a velocidade da luz no vácuo, c_0, é exatamente igual a 299 792 458 m/s.</i>
massa	quilograma, kg : O quilograma é a unidade de massa, igual à massa do protótipo internacional do quilograma. <i>Assim, a massa do protótipo internacional do quilograma, $m(K)$, é exatamente igual a 1kg.</i>
tempo	segundo, s : O segundo é a duração de 9 192 631 770 períodos da radiação correspondente à transição entre os dois níveis hiperfinos do estado fundamental do átomo de césio 133. <i>Assim, a frequência da transição hiperfina do estado fundamental do átomo de césio 133, $\nu(\text{hfs Cs})$, é exatamente igual a 9 192 631 770 Hz.</i>
corrente elétrica	ampere, A : O ampere ¹ é a intensidade de uma corrente elétrica constante que, mantida em dois condutores paralelos, retilíneos, de comprimento infinito, de seção circular desprezível, e situados à distância de 1 metro entre si, no vácuo, produziria entre estes condutores uma força igual a 2×10^{-7} newton por metro de comprimento. <i>Assim, a constante magnética, μ_0, também conhecida como permeabilidade do vácuo, é exatamente igual a $4\pi \times 10^{-7}$ H/m.</i>
temperatura termodinâmica	kelvin, K : O kelvin, unidade de temperatura termodinâmica, é a fração 1/273,16 da temperatura termodinâmica no ponto tríplice da água. <i>Assim, a temperatura do ponto tríplice da água, T_{pt}, é exatamente igual a 273,16 K.</i>
quantidade de substância	mol, mol : 1. O mol é a quantidade de substância de um sistema contendo tantas entidades elementares quantos átomos existem em 0,012 quilograma de carbono 12. 2. Quando se utiliza o mol, as entidades elementares devem ser especificadas, podendo ser átomos, moléculas, íons, elétrons, assim como outras partículas, ou agrupamentos especificados dessas partículas. <i>Assim, a massa molar do carbono 12, $M(^{12}\text{C})$, é exatamente igual a 12 g/mol.</i>
intensidade luminosa	candela, cd : A candela é a intensidade luminosa, numa dada direção, de uma fonte que emite uma radiação monocromática de frequência 540×10^{12} hertz e cuja intensidade energética nessa direção é 1/683 watt por esterradiano. <i>Assim, a eficácia luminosa espectral, K, da radiação monocromática de frequência 540×10^{12} Hz é exatamente igual a 683 lm/W.</i>

As sete **grandezas de base**, que correspondem às sete **unidades de base**, são: comprimento, massa, tempo, corrente elétrica, temperatura termodinâmica, quantidade de substância e intensidade luminosa. As **grandezas de base** e as **unidades de base** se encontram listadas, juntamente com seus símbolos, na tabela 2.

¹ Nota dos tradutores.

A palavra ampere era grafada antigamente com o acento grave no primeiro e – ampère. Modernamente essa prática foi abandonada conforme explica Antonio Houaiss em seu Dicionário. (HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles. *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Objetiva Ltda. 2001, p. 196)

Tabela 2 - Grandezas de base e unidades de base do SI

Grandeza de base	Símbolo	Unidade de base	Símbolo
comprimento	l, h, r, x	metro	m
massa	m	quilograma	kg
tempo, duração	t	segundo	s
corrente elétrica	I, i	ampere	A
temperatura termodinâmica	T	kelvin	K
quantidade de substância	n	mol	mol
intensidade luminosa	I_v	candela	cd

Todas as outras grandezas são descritas como **grandezas derivadas** e são medidas utilizando **unidades derivadas**, que são definidas como produtos de potências de **unidades de base**. Exemplos de **grandezas derivadas** e de **unidades derivadas** estão listadas na tabela 3.

Tabela 3 - Exemplos de grandezas derivadas e de suas unidades

Grandeza derivada	Símbolo	Unidade derivada	Símbolo
área	A	metro quadrado	m^2
volume	V	metro cúbico	m^3
velocidade	v	metro por segundo	m/s
aceleração	a	metro por segundo ao quadrado	m/s^2
número de ondas	$\sigma, \tilde{\nu}$	inverso do metro	m^{-1}
massa específica	ρ	quilograma por metro cúbico	kg/m^3
densidade superficial	ρ_s	quilograma por metro quadrado	kg/m^2
volume específico	v	metro cúbico por quilograma	m^3/kg
densidade de corrente	j	ampere por metro quadrado	A/m^2
campo magnético	H	ampere por metro	A/m
concentração	c	mol por metro cúbico	mol/m^3
concentração de massa	ρ, γ	quilograma por metro cúbico	kg/m^3
luminância	L_v	candela por metro quadrado	cd/m^2
índice de refração	n	um	1
permeabilidade relativa	μ_r	um	1

Note que o índice de refração e a permeabilidade relativa são exemplos de grandezas adimensionais, para as quais a unidade do SI é o número um (1), embora esta unidade não seja escrita.

Algumas **unidades derivadas** recebem **nome especial**, sendo este simplesmente uma forma compacta de expressão de combinações de **unidades de base** que são usadas frequentemente.

Então, por exemplo, o joule, símbolo J, é por definição, igual a $\text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$. Existem atualmente 22 nomes especiais para unidades aprovados para uso no SI, que estão listados na tabela 4.

Tabela 4 - Unidades derivadas com nomes especiais no SI

Grandeza derivada	Nome da unidade derivada	Símbolo da unidade	Expressão em termos de outras unidades
ângulo plano	radiano	rad	$\text{m}/\text{m} = 1$
ângulo sólido	esterradiano	sr	$\text{m}^2/\text{m}^2 = 1$
frequência	hertz	Hz	s^{-1}
força	newton	N	m kg s^{-2}
pressão, tensão	pascal	Pa	$\text{N}/\text{m}^2 = \text{m}^{-1} \text{kg s}^{-2}$
energia, trabalho, quantidade de calor	joule	J	$\text{N m} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$
potência, fluxo de energia	watt	W	$\text{J}/\text{s} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$
carga elétrica, quantidade de eletricidade	coulomb	C	s A
diferença de potencial elétrico	volt	V	$\text{W}/\text{A} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3} \text{A}^{-1}$
capacitância	farad	F	$\text{C}/\text{V} = \text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{s}^4 \text{A}^2$
resistência elétrica	ohm	Ω	$\text{V}/\text{A} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3} \text{A}^{-2}$
condutância elétrica	siemens	S	$\text{A}/\text{V} = \text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{s}^3 \text{A}^2$
fluxo de indução magnética	weber	Wb	$\text{V s} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{A}^{-1}$
indução magnética	tesla	T	$\text{Wb}/\text{m}^2 = \text{kg s}^{-2} \text{A}^{-1}$
indutância	henry	H	$\text{Wb}/\text{A} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{A}^{-2}$
temperatura Celsius	grau Celsius	$^{\circ}\text{C}$	K
fluxo luminoso	lumen	lm	$\text{cd sr} = \text{cd}$
iluminância	lux	lx	$\text{lm}/\text{m}^2 = \text{m}^{-2} \text{cd}$
atividade de um radionuclídeo	becquerel	Bq	s^{-1}
dose absorvida, energia específica (comunicada), kerma	gray	Gy	$\text{J}/\text{kg} = \text{m}^2 \text{s}^{-2}$
equivalente de dose, equivalente de dose ambiente	sievert	Sv	$\text{J}/\text{kg} = \text{m}^2 \text{s}^{-2}$
atividade catalítica	katal	kat	$\text{s}^{-1} \text{mol}$

Embora o hertz e o becquerel sejam iguais ao inverso do segundo, o hertz é usado somente para fenômenos cíclicos, e o becquerel, para processos estocásticos no decaimento radioativo.

A unidade de temperatura Celsius é o grau Celsius, $^{\circ}\text{C}$, que é igual em magnitude ao kelvin, K, a unidade de temperatura termodinâmica. A grandeza temperatura Celsius t é relacionada com a temperatura termodinâmica T pela equação $t/^{\circ}\text{C} = T/\text{K} - 273,15$.

O sievert também é usado para as grandezas: equivalente de dose direcional e equivalente de dose individual.

Os quatro últimos nomes especiais das unidades da tabela 4 foram adotados especificamente para resguardar medições relacionadas à saúde humana.

Para cada grandeza, existe somente uma unidade SI (embora possa ser expressa frequentemente de diferentes modos, pelo uso de nomes especiais). Contudo, a mesma unidade SI pode ser usada para expressar os valores de diversas grandezas diferentes (por exemplo, a unidade SI para a relação J/K pode ser usada para expressar tanto o valor da capacidade calorífica como da entropia). Portanto, é importante não usar a unidade sozinha para especificar a grandeza. Isto se aplica tanto aos textos científicos como aos instrumentos de medição (isto é, a leitura de saída de um instrumento deve indicar a grandeza medida e a unidade).

As grandezas adimensionais, também chamadas de grandezas de dimensão um, são usualmente definidas como a razão entre duas grandezas de mesma natureza (por exemplo, o índice de refração é a razão entre duas velocidades, e a permeabilidade relativa é a razão entre a permeabilidade de um meio dielétrico e a do vácuo). Então a unidade de uma grandeza adimensional é a razão entre duas unidades idênticas do SI, portanto é sempre igual a um (1). Contudo, ao se expressar os valores de grandezas adimensionais, a unidade um (1) não é escrita.

Múltiplos e submúltiplos das unidades do SI

Um conjunto de prefixos foi adotado para uso com as unidades do SI, a fim de exprimir os valores de grandezas que são muito maiores ou muito menores do que a unidade SI usada sem um prefixo. Os prefixos SI estão listados na tabela 5. Eles podem ser usados com qualquer **unidade de base** e com as **unidades derivadas** com nomes especiais.

Tabela 5 - Prefixos SI

Fator	Nome	Símbolo	Fator	Nome	Símbolo
10^1	deca	da	10^{-1}	deci	d
10^2	hecto	h	10^{-2}	centi	c
10^3	quilo	k	10^{-3}	mili	m
10^6	mega	M	10^{-6}	micro	μ
10^9	giga	G	10^{-9}	nano	n
10^{12}	tera	T	10^{-12}	pico	p
10^{15}	peta	P	10^{-15}	femto	f
10^{18}	exa	E	10^{-18}	atto	a
10^{21}	zetta	Z	10^{-21}	zepto	z
10^{24}	yotta	Y	10^{-24}	yocto	y

Quando os prefixos são usados, o nome do prefixo e o da unidade são combinados para formar uma palavra única e, similarmente, o símbolo do prefixo e o símbolo da unidade são escritos sem espaços, para formar um símbolo único que pode ser elevado a qualquer potência. Por exemplo, pode-se escrever: quilômetro, km; microvolt, μV ; femtosegundo, fs; $50 \text{ V/cm} = 50 \text{ V}(10^{-2} \text{ m})^{-1} = 5000 \text{ V/m}$.

Quando as **unidades de base** e as **unidades derivadas** são usadas sem qualquer prefixo, o conjunto de unidades resultante é considerado **coerente**. O uso de um conjunto de unidades coerentes tem vantagens técnicas (veja a publicação completa do SI). Contudo, o uso dos prefixos é conveniente porque ele evita a necessidade de empregar fatores de 10^n , para exprimir os valores de grandezas muito grandes ou muito pequenas. Por exemplo, o comprimento de uma ligação química é mais convenientemente expresso em nanômetros, nm, do que em metros, m, e a distância entre Londres e Paris é mais convenientemente expressa em quilômetros, km, do que em metros, m.

O quilograma, kg, é uma exceção, porque embora ele seja uma **unidade de base** o nome já inclui um prefixo, por razões históricas. Os múltiplos e os submúltiplos do quilograma são escritos combinando-se os prefixos com o grama: logo, escreve-se miligrama, mg, e **não** microquilograma, μkg .

Unidades fora do SI

O SI é o único sistema de unidades que é reconhecido universalmente, de modo que ele tem uma vantagem distinta quando se estabelece um diálogo internacional. Outras unidades, isto é, unidades

não-SI, são geralmente definidas em termos de unidades SI. O uso do SI também simplifica o ensino da ciência. Por todas essas razões o emprego das unidades SI é recomendado em todos os campos da ciência e da tecnologia.

Embora algumas unidades não-SI sejam ainda amplamente usadas, outras, a exemplo do minuto, da hora e do dia, como unidades de tempo, serão sempre usadas porque elas estão arraigadas profundamente na nossa cultura. Outras são usadas, por razões históricas, para atender às necessidades de grupos com interesses especiais, ou porque não existe alternativa SI conveniente. Os cientistas devem ter a liberdade para utilizar unidades não-SI se eles as considerarem mais adequadas ao seu propósito. Contudo, quando unidades não-SI são utilizadas, o fator de conversão para o SI deve ser sempre incluído. Algumas unidades não-SI estão listadas na tabela 6 abaixo, com o seu fator de conversão para o SI. Para uma listagem mais ampla, veja a publicação completa do SI, ou o *website* do BIPM.

Tabela 6 – Algumas unidades não-SI

Grandeza	Unidade	Símbolo	Relação com o SI
tempo	minuto	min	1 min = 60 s
	hora	h	1 h = 3600 s
	dia	d	1 d = 86400 s
volume	litro	L ou l	1 L = 1 dm ³
massa	tonelada	t	1 t = 1000 kg
energia	elétronvolt	eV	1 eV ≈ 1,602 x 10 ⁻¹⁹ J
pressão	bar	bar	1 bar = 100 kPa
	milímetro de mercúrio	mmHg	1 mmHg ≈ 133,3 Pa
comprimento	angstrom ²	Å	1 Å = 10 ⁻¹⁰ m
	milha náutica	M	1 M = 1852 m
força	dina	dyn	1 dyn = 10 ⁻⁵ N
energia	erg	erg	1 erg = 10 ⁻⁷ J

Os símbolos das unidades começam com letra maiúscula quando se trata de nome próprio (por exemplo, ampere, A; kelvin, K; hertz, Hz; coulomb, C). Nos outros casos eles sempre começam com letra minúscula (por exemplo, metro, m; segundo, s; mol, mol). O símbolo do litro é uma exceção: pode-se usar uma letra minúscula ou uma letra maiúscula, L. Neste caso a letra maiúscula é usada para evitar confusão entre a letra minúscula l e o número um (1). O símbolo da milha náutica é apresentado aqui como M; contudo não há um acordo geral sobre nenhum símbolo para a milha náutica.

A linguagem da ciência:

utilização do SI para exprimir os valores das grandezas

O valor de uma grandeza é escrito como o produto de um número e uma unidade, e o número que multiplica a unidade é o valor numérico da grandeza, naquela unidade. Deixa-se sempre um espaço entre o número e a unidade. Nas grandezas adimensionais para as quais a unidade é o número um (1), a unidade é omitida. O valor numérico depende da escolha da unidade, de modo que o mesmo valor de uma grandeza pode ter diferentes valores numéricos, quando expresso em diferentes unidades, conforme o seguinte exemplo:

² O *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa* admite essa palavra grafada sem o símbolo sobre o “a” e sem o trema sobre o “o”.

A velocidade de uma bicicleta é aproximadamente
 $u = 5,0 \text{ m/s} = 18 \text{ km/h}$.

O comprimento de onda de uma das raias amarelas do sódio é
 $\lambda = 5,896 \times 10^{-7} \text{ m} = 589,6 \text{ nm}$.

Os símbolos das grandezas são impressos com letras em itálico (inclinadas) e geralmente são letras únicas do alfabeto latino ou do grego. Tanto letras maiúsculas como letras minúsculas podem ser usadas. Informação adicional sobre a grandeza pode ser acrescentada sob a forma de um subscrito, ou como informação entre parênteses.

Existem símbolos recomendados para muitas grandezas, dados por autoridades como a ISO (International Organization for Standardization) e as várias organizações científicas internacionais, tais como a IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics) e a IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry). São exemplos:

T para temperatura
 C_p para capacidade calorífica a pressão constante
 x_i para fração molar da espécie i
 μ_r para permeabilidade relativa
 $m(K)$ para a massa do protótipo internacional do quilograma, K .

Os símbolos das unidades são impressos em tipo romano (vertical), independentemente do tipo usado no restante do texto. Eles são entidades matemáticas e não abreviaturas. Eles nunca são seguidos por um ponto (exceto no final de uma sentença) nem por um s para formar o plural. É obrigatório o uso da forma correta para os símbolos das unidades, conforme ilustrado pelos exemplos apresentados na publicação completa do SI. Algumas vezes os símbolos das unidades podem ter mais de uma letra. Eles são escritos em letras minúsculas, exceto que a primeira letra é maiúscula quando o nome é de uma pessoa. Contudo, quando o nome de uma unidade é escrito por extenso, deve começar com letra minúscula (exceto no início de uma sentença), para distinguir o nome da unidade do nome da pessoa.

Ao se escrever o valor de uma grandeza, como o produto de um valor numérico e uma unidade, ambos, o número e a unidade devem ser tratados pelas regras ordinárias da álgebra. Por exemplo, a equação $T = 293 \text{ K}$ pode ser escrita igualmente $T/\text{K} = 293$. Este procedimento é descrito como o uso do cálculo de grandezas, ou a álgebra de grandezas. Às vezes essa notação é útil para identificar o cabeçalho de colunas de tabelas, ou a denominação dos eixos de gráficos, de modo que as entradas na tabela ou a identificação dos pontos sobre os eixos são simples números. O exemplo a seguir mostra uma tabela de pressão de vapor em função da temperatura, e o logaritmo da pressão de vapor em função do inverso da temperatura, com as colunas identificadas desse modo.

T/K	$10^3 \text{ K}/T$	p/MPa	$\ln(p/\text{Mpa})$
216,55	4,6179	0,5180	-0,6578
273,15	3,6610	3,4853	1,2486
304,19	3,2874	7,3815	1,9990

Algebricamente, fórmulas equivalentes podem ser usadas no lugar de $10^3 \text{ K}/T$, tais como: kK/T , ou $10^3 (T/\text{K})^{-1}$.

Na formação de produtos ou quocientes de unidades, aplicam-se as regras normais da álgebra. Na formação de produtos de unidades, deve-se deixar um espaço entre as unidades (alternativamente pode-se colocar um ponto na meia altura da linha, como símbolo de multiplicação). Note a

importância do espaço, por exemplo, m s denota o produto de um metro por um segundo, ao passo que ms significa milissegundo. Também na formação de produtos complicados, com unidades, deve-se usar parênteses ou expoentes negativos para evitar ambigüidades. Por exemplo, R, a constante molar dos gases, é dada por:

$$pV_m/T = R = 8,314 \text{ Pa m}^3 \text{ mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \\ = 8,314 \text{ Pa m}^3/(\text{mol K})$$

Na formação de números o marcador decimal pode ser ou um ponto ou uma vírgula, de acordo com as circunstâncias apropriadas. Para documentos na língua inglesa é usual o ponto, mas para muitas línguas da Europa continental e em outros países, a vírgula é de uso mais comum.³

Quando um número tem muitos dígitos, é usual grupar-se os algarismos em blocos de três, antes e depois da vírgula, para facilitar a leitura. Isto não é essencial, mas é feito freqüentemente, e geralmente é muito útil. Quando isto é feito, os grupos de três dígitos devem ser separados por apenas um espaço estreito; não se deve usar nem um ponto e nem uma vírgula entre eles. A incerteza do valor numérico de uma grandeza pode ser convenientemente expressa, explicitando-se a incerteza dos últimos dígitos significativos, entre parênteses, depois do número.

Exemplo: O valor da carga elementar do elétron é dado na listagem CODATA (The Committee on Data for Science and Technology) de 2002, das constantes fundamentais, por:

$$e = 1,602\ 176\ 53\ (14) \times 10^{-19} \text{ C},$$

onde 14 é a incerteza padrão dos dígitos finais do valor numérico indicado.



Para informações adicionais ver o website do BIPM <http://www.bipm.org> ou a Publicação completa do SI, 8ª edição, que está disponível no site <http://www.bipm.org/en/si>.

Este sumário foi preparado pelo Comitê Consultivo das Unidades (CCU) do Comitê Internacional de Pesos e Medidas (CIPM), e é publicado pelo BIPM.

Março de 2006
Ernst Göbel, Presidente do CIPM
Ian Mills, Presidente do CCU
Andrew Wallard, Diretor do BIPM

Todos os trabalhos do BIPM são protegidos internacionalmente por copyright. Este documento em português (Brasil) foi preparado mediante permissão obtida do BIPM. A única versão oficial deste resumo é o texto em francês, do documento original criado pelo BIPM.

Tradução para o português (Brasil) feita pelos Assessores Especiais da Presidência do Inmetro, Físico José Joaquim Vinge, Engenheiro Aldo Cordeiro Dutra e Físico Giorgio Moscati. Este documento está disponível no site do Inmetro: <http://www.inmetro.gov.br>.

³ Nota dos tradutores. Por exemplo, no Brasil usa-se a vírgula.