

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA PURA E APLICADA

**A MATEMÁTICA NAS PRÁTICAS SOCIAIS: EFEITOS E CONSEQUÊNCIAS DA
INGESTÃO DE ÁLCOOL**

SUSANA GARSTKA

Porto Alegre

2013

SUSANA GARSTKA

**A MATEMÁTICA NAS PRÁTICAS SOCIAIS: EFEITOS E CONSEQUÊNCIAS DA
INGESTÃO DE ÁLCOOL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado ao departamento de Matemática Pura e
Aplicada do Instituto de Matemática da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para
a obtenção de grau de Licenciado em Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Manica

Porto Alegre

2013

SUSANA GARSTKA

**A MATEMÁTICA NAS PRÁTICAS SOCIAIS: EFEITOS E CONSEQUÊNCIAS DA
INGESTÃO DE ÁLCOOL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao departamento de Matemática Pura e Aplicada do Instituto de Matemática da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para a obtenção de grau de Licenciado em Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Evandro Manica

Comissão examinadora:

Prof. Dr. Evandro Manica - Orientador

Instituto de Matemática – UFRGS

Prof.^a Dr.^a Lucia Helena Marques Carrasco

Instituto de Matemática – UFRGS

Prof.^a Dr.^a Leandra Anversa Fioreze

Instituto de Matemática – UFRGS

RESUMO

O Álcool é um tipo de droga psicotrópica lícita presente na realidade contemporânea e na vida de muitos adolescentes. Para evitar problemas referentes ao consumo abusivo, é fundamental que haja informação a respeito desse tema. Um professor de matemática que queira abordar na sua disciplina o tema Álcool, do ponto de vista da farmacologia e das consequências sobre o organismo, necessita de informação para planejar essa abordagem, no entanto, os materiais disponíveis em nível de Ensino Médio são poucos. O presente trabalho tem por objetivo apresentar uma vivência individual em Modelagem Matemática sobre o tema Álcool, na qual a principal fonte de dados e informações foi obtida em bibliografias médicas e alguns problemas do cotidiano foram propostos para serem resolvidos a partir desse estudo realizado. A partir desta vivência, foi possível constatar a dificuldade em se obter informações sobre o assunto e que o material encontrado quase sempre utiliza uma matemática mais básica e restrita a dados estatísticos. Contudo, foi possível produzir um material que pode ser adaptado oferecendo diferentes possibilidades de ensino e aprendizagem em Matemática, reforçando conceitos como de função, gráfico, média, porcentagem e outras, e que possibilita a aprendizagem dos efeitos e consequências do consumo de álcool no organismo. Também se vislumbrou a possibilidade de se trabalhar a Matemática em conjunto com outras áreas de conhecimento como, por exemplo, Química e Biologia, entre outras.

Palavras-chave: Álcool. Temas Transversais. Modelagem Matemática. Ensino Médio.

ABSTRACT

For quite some time, alcohol has been a psychotropic licit drug present in many teenagers lives. In order to avoid problems relative to excessive use of alcohol, it is necessary to obtain reliable information on the possible damages on someones mind and body. A mathematics teacher in high school who wants to address this subject with his/her students has almost no information about the pharmacokinetics and effects of alcohol in the body. This work has the purpose to study causes and effects of alcohol in the body by means of mathematical modeling using references form the medical literature. Some everyday situations were proposed in order to have an interaction with the modeling process. After the completion of this work , we realized how difficult is to obtain good data about the use and effects of alcohol applicable to our situation. In the available references we found that basic mathematics and basic statistical data were used. Despite all that, it was possible to produce a collection of notes, presented here, which can be adapted and offer different possibilities for teaching and learning in Mathematics, using concepts such as function, graphs, average, percentage among others. Hopefully the content of these notes will help us to learn more about some of the effects and consequences of the excessive consumption of alcohol. Finally, we observed the possibility of interaction with other subjects such as Biology, Chemistry among others.

Key-words: Alcohol. Correlated Themes. Mathematical Modeling. High School.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Curvas de concentração de álcool no hálito em função do tempo (retirado de Dubowski, 1985, p. 104).....	27
Figura 2: Curva teórica de concentração de álcool no sangue ou na respiração - Curva de Widmark (modificado de Dubowski, 1985, p.99).....	28
Figura 3: Curvas de concentração de álcool no hálito em função do tempo. (retirado de Dubowski, 1985, p. 104).....	28
Figura 4: Processo de metabolização do álcool.....	30
Figura 5: Efeitos do gênero e do abuso crônico na concentração de álcool no sangue. (retirado de: FREZZA <i>et al.</i> , 1990, p. 97).....	35
Figura 6: Representação gráfica do ajuste linear dos dados da Tabela 4.....	39
Figura 7: Gráfico da função y de concentração de álcool no sangue e representação gráfica dos dados da Tabela 3.....	41
Figura 8: Representação gráfica do processo de ajuste quadrático.....	42
Figura 9: Representação gráfica do ajuste quadrático dos dados da Tabela 4.....	43
Figura 10: Gráfico da função y de concentração de álcool no sangue e representação gráfica dos dados da Tabela 3.....	44
Figura 11: Comparação de concentração de álcool no sangue de um homem de 70 kg que ingere 710 ml de cerveja junto com alimento e sem alimento.....	49
Figura 12: Gráfico de concentração de álcool no sangue de uma mulher de 60 kg após ingerir 230 ml de caipirinha de cachaça.....	52
Figura 13: Gráfico de concentração de álcool no sangue de uma mulher de 60 kg após ingerir 275 ml de cerveja.....	54
Figura 14: Gráfico de concentração de álcool no sangue de uma mulher de 60 kg após ingerir 275 ml de cerveja em $t = 0$ e 230 ml de caipirinha de cachaça em $t = 1$	56
Figura 15: Gráfico de concentração de álcool no sangue de uma mulher de 60 kg após ingerir 275 ml de cerveja em $t = 0$ e $t = 2,5$ e de 230 ml de caipirinha de cachaça em $t = 1$	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Teor alcoólico médio das bebidas.....	25
Tabela 2: Estágios de influência/intoxicação aguda Fonte: (DUBOWSKI, 2006).....	33
Tabela 3: Concentração sanguínea de etanol medida diretamente no sangue (g/l) Fonte: (CORRÊA; PEDROSO, 2000).....	37
Tabela 4: Dados sobre a concentração média de álcool no sangue.....	38
Tabela 5: Concentração de álcool no sangue (g/l).....	55
Tabela 6: Concentração de álcool no sangue (g/l).....	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. CAMPOS TEÓRICOS ABERTOS PELO ESTUDO	11
2.1. TEMAS TRANSVERSAIS	11
2.1.1. A Matemática do Ensino Médio e a Transversalidade	12
2.1.2. Drogas: uma questão de Saúde.....	14
2.2. OS JOVENS E O ÁLCOOL.....	17
2.3. MODELAGEM MATEMÁTICA	19
3. ÁLCOOL: UM TEMA A SER PROPOSTO.....	24
3.1. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DO ÁLCOOL.....	24
3.2. TIPOS DE BEBIDAS	24
3.3. INGESTÃO DA BEBIDA ALCOÓLICA	25
3.4. DETERMINAÇÃO DA QUANTIDADE DE ÁLCOOL INGERIDO E DE ÁLCOOL NO SANGUE ...	25
3.5. PROBLEMAS DECORRENTES DA INGESTÃO DO ÁLCOOL	29
3.5.1. Álcool e o metabolismo no fígado.....	30
3.5.2. Álcool e o Sistema Nervoso Central.....	32
3.5.3. Alguns fatores que interferem na absorção e metabolismo do álcool.....	34
3.6. CONSIDERAÇÕES.....	36
4. RESOLVENDO ALGUNS PROBLEMAS.....	37
4.1. TAXA DE ALCOOLEMIA	37
4.2. ALMOÇO COM CERVEJA ANTES DA VOLTA DE UM FERIADO	45
4.3. EM UMA FESTA SEMPRE TEM BEBIDA	50
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
REFERÊNCIAS	62

1. INTRODUÇÃO

No ano de 2012 comecei a lecionar em uma escola pública estadual de Porto Alegre para alunos de Ensino Médio. Durante todo o período de atividade, fui professora de turmas de primeiro ano e meu público tinha, em sua maioria, entre quatorze e dezesseis anos.

Dar aula para alunos de ensino médio não é uma tarefa muito simples, ainda mais sendo professor de matemática, pois grande parte dos alunos apresenta rejeição à matéria. Em muitas ocasiões, quase sempre aqueles alunos que apresentavam resistência à disciplina, questionavam: “Para que eu vou usar isso?”, falando em relação ao conteúdo que estava sendo trabalhado. O aluno que utiliza essa pergunta deixa implícita uma justificativa para dizer que não há um motivo para se esforçar em aprender aquilo. Se o professor não responde a pergunta, dizendo onde tal assunto ou conteúdo se aplica à vida do aluno, abre a brecha para dar razão à afirmação “Eu nunca vou usar isso na minha vida”.

Meu interesse em trabalhar com temas da matemática aplicada ocorre naturalmente, quando tento relacionar a Matemática principalmente à Física e à Biologia. Interessa-me ver as relações, o movimento que há entre elas e também a possibilidade de fazer previsões futuras. Neste ponto, sempre que possível tento em minhas aulas expressar as aplicações da matemática nas diversas áreas do conhecimento para mostrar a sua utilidade.

Dentre tantas situações correntes em que a escola está exposta, uma delas diz respeito ao consumo de drogas, e na escola onde lecionava não era diferente. Não são poucos os casos de alunos que são vítimas deste mal, que acabam abandonando a escola ou disseminando o vício dentro dela. Durante várias conversas informais com colegas do colégio ou de profissão, vieram à tona suspeitas e histórias de casos confirmados de alunos que estariam se envolvendo ou se envolveram com o consumo de drogas. Parte desses alunos apresentava bom desempenho quando vinham às aulas e, ao que tudo indicava, teriam um futuro promissor se não fosse a dependência química.

Na época pensei em relacionar os efeitos do consumo de algumas drogas no organismo através de uma proposta de Modelagem Matemática com meus alunos, uma vez que essa é uma reconhecida metodologia de ensino e aprendizagem, mas por inexperiência e devido às raras fontes bibliográficas em nível de ensino médio que fazem esse tipo de abordagem, não foi possível realizar o trabalho.

Os materiais que trabalham a parte dos efeitos das drogas sobre o organismo, adequados para alunos do ensino regular, em sua maioria pertencem à área das Ciências Naturais e suas Tecnologias, que compreendem a Biologia, a Física e a Química. O trabalho

da matemática fica restrito a dados estatísticos sobre faixas etárias de consumo, sexo, registros de acidentes ocorridos em função do consumo, etc.

Desta forma, precisei, ainda que de forma individual, **vivenciar e experimentar a própria Modelagem**, produto deste trabalho, porém, foi necessário restringir a pesquisa a um único tipo de droga, pois do contrário, o trabalho se tornaria superficial ou extenso, devido às peculiaridades de cada tipo de droga. Assim, no presente trabalho, foco-me especificamente no **álcool**, por ser um tipo de droga psicotrópica¹ lícita que faz parte da cultura contemporânea e com a qual a maioria dos jovens possui contato antes dos dezoito anos; aliás, em sua maioria, o primeiro contato de um jovem com algum tipo de droga ocorre através do álcool. Esse contato pode tanto resultar num consumo excessivo que pode levá-lo a atos impensados e a um vício em longo prazo ou abrir caminho para consumo de drogas ilícitas mais perigosas.

A intenção deste trabalho é apresentar possibilidades do uso da Modelagem Matemática sobre o tema Álcool do ponto de vista da sua farmacocinética² e das suas consequências no organismo quanto ao consumo abusivo, de forma a reforçar conceitos matemáticos, e principalmente, conscientizar os jovens sobre a importância de um consumo consciente. Durante este trabalho de vivência da modelagem, busco também antecipar dificuldades para a realização do trabalho, devido ao meu conhecimento ínfimo sobre o assunto e a inexperiência com processos de modelagem.

No segundo capítulo apresento os campos teóricos que fundamentam este trabalho: a importância de se inserir os **Temas Transversais** no currículo escolar segundo Brasil (1997a; 1997b; 2000); a relação e as expectativas entre os **Jovens e o Álcool** no Brasil e em Porto Alegre de acordo com Pechansky (2004), Brasil (2007) e Araújo e Gomes (1998); e a **Modelagem Matemática** como método de ensino e aprendizagem capaz de atender o apelo de se trabalhar os temas da realidade de forma transversal, segundo Bassanezi (2002; 2012) e Biembegut e Hein (2002).

No terceiro capítulo apresento meu estudo sobre o tema Álcool de acordo com pesquisas realizadas principalmente em bibliografias da área médica, cujos assuntos e estrutura foram selecionados e adaptados de forma a poderem ser utilizados com alunos de ensino médio. São inúmeros os autores citados, no entanto destaco pela contribuição significativa ao tema os trabalhos de Widmark (*apud* GULLBERG, 2007; DUBOWSKI,

¹ Ou psicoativa: que exerce função sedativa ou estimulante sobre o sistema nervoso (DICIONÁRIO MÉDICO).

² Estudo das ações no organismo sobre os fármacos, incluindo absorção, distribuição, metabolismo e excreção. (DICIONÁRIO MÉDICO).

1985) como um dos primeiros a estudar a farmacocinética do álcool e Dubowski (1985; 2006) por aprimorar esses conhecimentos e relacioná-los aos sintomas físicos.

No quarto capítulo, apresento algumas situações reais que envolvem o consumo de álcool e, de acordo com as informações sobre este tema descritos no terceiro capítulo mais os dados fornecidos na situação, proponho alguns problemas e possíveis soluções através de modelos matemáticos. Nesta parte do trabalho visou prever os conteúdos matemáticos envolvidos em nível de Ensino Médio e possíveis dificuldades que podem ser enfrentadas pelos alunos no processo de modelagem, além da utilização de mídias digitais e outros materiais.

Após, encaminho para minhas considerações finais sobre como foi esta experiência, as conclusões a respeito do trabalho de pesquisa e modelagem e quais minhas perspectivas de uso em trabalhos futuros.

2. CAMPOS TEÓRICOS ABERTOS PELO ESTUDO

Neste capítulo, primeiramente apresento os Temas Transversais e a importância de se trabalhar esses temas no currículo escolar, conforme tratamento nos PCN e PCNEM, destacando o assunto drogas dentro do campo da Saúde. No segundo momento, trago uma visão geral da relação entre os Jovens e o Álcool, os padrões de consumo e as expectativas dos mesmos frente ao álcool, enfatizando assim a importância em se tratar o tema com os jovens. Por fim, apresento a Modelagem Matemática como método de ensino e aprendizagem capaz de atender o objetivo de se trabalhar temas da realidade de forma transversal.

2.1. Temas Transversais

A prática educacional, em função do compromisso que assume com a sociedade, necessita que seja voltada ao entendimento da realidade, seja ela individual ou coletiva. Buscando atender essa necessidade, os Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN formam um referencial para a Educação, sendo que o conjunto das proposições contidas nesse referencial visa garantir uma educação atuante e decisiva no processo de construção da cidadania, respeitando as diversidades existentes em uma sociedade múltipla e complexa, buscando a uma crescente igualdade de direitos entre as pessoas (BRASIL, 1997a).

O tratamento das áreas de conhecimento e seus conteúdos fornecem as ferramentas para a compreensão e intervenção da realidade em que os alunos vivem. Os temas sociais, devido a sua complexidade, necessitam de um tratamento transversal na escola, não ficando restritos a uma única área de conhecimento. Nesta perspectiva, as problemáticas sociais são integradas na proposta dos PCN como Temas Transversais.

Devido a seu caráter de urgência, os seguintes Temas Transversais devem ser incorporados ao currículo desde o Ensino Fundamental, de modo a integrar as diversas áreas de conhecimento: Ética, Saúde, Meio Ambiente, Pluralidade Cultural e Orientação Sexual. Devido a grande abrangência que tais temas podem tomar, é necessário que estes sejam adaptados de acordo com as necessidades da comunidade escolar. O uso de drogas, por exemplo, pode ser um assunto a ser tratado com maior ênfase dentro do tema Saúde, dependendo da realidade social, político ou cultural de uma região por conta de sua gravidade. Dessa forma, o tema Álcool será aqui tratado a partir das proposições contidas nos PCN.

Dentro das áreas de conhecimento, a obtenção progressiva de códigos de representação e a possibilidade de agir com eles interferem diretamente na aprendizagem da

língua, da matemática, da representação espacial, temporal, gráfica e na leitura de imagens, porém, trabalhar de forma isolada as disciplinas escolares pode restringir em muito a aprendizagem. Os conteúdos de aprendizagem devem possuir sentido para que sejam funcionais e é tarefa do professor ser o mediador, aquele que apresenta os conteúdos e atividades de maneira que os alunos entendam o porquê e o para que aprendem. Assim, aumenta-se em muito as chances dos alunos sentirem-se mais motivados no ambiente escolar (BRASIL, 1997a).

A escola preocupada em fazer com que os alunos desenvolvam capacidades ajusta sua maneira de ensinar e seleciona os conteúdos de modo a auxiliá-los a se adequarem às várias vivências a que são expostos em seu universo cultural; considera as capacidades que os alunos já têm e as potencializa; preocupa-se com aqueles alunos que encontram dificuldade no desenvolvimento de suas capacidades básicas (BRASIL, 1997a, p. 48).

Dessa forma, o professor como mediador, membro fundamental da escola, possui papel importante no processo dos alunos de compreensão da realidade.

2.1.1. A Matemática do Ensino Médio e a Transversalidade

Como mencionado inicialmente, o produto deste trabalho destina-se a alunos do Ensino Médio. Sendo assim, o texto base aqui utilizado será os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio - PCNEM, mais especificamente, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.

Dois referenciais principais norteiam a proposta do Ensino Médio nos PCNEM: o primeiro refere-se ao entendimento da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB/96) sobre o Ensino Médio ser a “etapa final da Educação Básica, complementando o aprendizado do Ensino Fundamental” (BRASIL, 2000, p. 4) e o segundo referencial advém do subsídio produzido pela SEMTEC/MEC³, interpretados e detalhados pela CEB nº 3⁴, que apresenta propostas de regulamentação da base curricular nacional e de organização do Ensino Médio. Estes referenciais apontam e organizam o aprendizado das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias para se produzir um conhecimento efetivo, de significado próprio, não somente propedêutico, manifestando a busca da interdisciplinaridade e contextualização e tendo como objetivos educacionais uma série de competências humanas

³ Secretaria de Educação Média e Tecnológica.

⁴ Aprovado em 01/06/98 que instituiu as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - DCNEM, pela Resolução CEB nº3, de 26/06/98. Ver: <http://portal.mec.gov.br>

relacionadas a conhecimentos matemáticos e científico-tecnológicos (BRASIL, 2000). Os PCNEM procuram apresentar uma proposta que norteie o Ensino Médio de forma que:

[...] sem querer ser profissionalizante, efetivamente propicie um aprendizado útil à vida e ao trabalho, no qual as informações, o conhecimento, as competências, as habilidades e os valores desenvolvidos sejam instrumentos reais de percepção, satisfação, interpretação, julgamento, atuação, desenvolvimento pessoal ou de aprendizado permanente, evitando tópicos cujos sentidos só possam ser compreendidos em outra etapa de escolaridade (BRASIL, 2000, p. 4).

Os objetivos do Ensino Médio, dentro de cada área do conhecimento, devem promover:

[...] o desenvolvimento de conhecimentos práticos, contextualizados, que respondam às necessidades da vida contemporânea, e o desenvolvimento de conhecimentos mais amplos e abstratos que correspondam a uma cultura geral e a uma visão de mundo contemporâneo (BRASIL, 2000, p. 6).

O aprendizado deve contribuir não apenas profissionalmente, mas também culturalmente, auxiliando na interpretação de fatos naturais, de procedimentos e equipamentos do dia a dia social e profissional.

Desta forma, os PCNEM sinalizam que:

Um dos pontos de partida para esse processo é tratar, como conteúdo do aprendizado matemático, científico e tecnológico, elementos do domínio vivencial dos educandos, da escola e de sua comunidade imediata. Isso não deve delimitar o alcance do conhecimento tratado, mas sim dar significado ao aprendizado, desde seu início, garantindo um diálogo efetivo (BRASIL, 2000, p. 7).

Neste trabalho, por exemplo, são expressos os resultados de uma pesquisa sobre a farmacocinética do álcool e seus efeitos sobre o fígado e o sistema nervoso central. Essa compreensão, apesar de envolver compostos químicos não fica restrita à disciplina de Química, nem tão pouco apenas à Biologia por tratar dos efeitos no organismo; ao utilizar no mínimo tabelas, gráficos, equações e dados estatísticos, o tema também transita pela Matemática.

É importante que a Educação seja voltada a desenvolver capacidades como a de se comunicar, resolver problemas, tomar decisões, fazer deduções, criar, aperfeiçoar e trabalhar em comunidade. A Matemática, devido ao seu caráter de linguagem universal de quantificação e expressão, possui então uma posição privilegiada quando toma estas capacidades como parâmetros para a organização do Ensino Médio, pois:

A Matemática ciência, com seus processos de construção e validação de conceitos e argumentações e os procedimentos de generalizar, relacionar e concluir que lhe são característicos, permite estabelecer relações e interpretar fenômenos e informações.

As formas de pensar dessa ciência possibilitam ir além da descrição da realidade e da elaboração de modelos (BRASIL, 2000, p. 9).

Segundo Bassanezzi (2000), a Matemática possui basicamente dois papéis dentro do Ensino Médio:

- **Formativo** - Estrutura o pensamento e o raciocínio dedutivo. Auxilia na capacidade de resolver problemas, de criar hábitos de investigação, na formação de uma visão ampla e significativa da realidade e na percepção de harmonia, além de reforçar a confiança e a criatividade.
- **Instrumental** - Fornece conjunto de técnicas e estratégias para serem aplicadas a outras áreas do conhecimento, e logo, também, em atividades profissionais. Auxilia no caráter de iniciativa e segurança para adaptar a contextos diversos.

Com isso, o aluno deve ser conduzido a perceber que definições, demonstrações e encadeamentos conceituais e lógicos servem para construir novos conceitos e estruturas que validam ideias intuitivas iniciais, dando sentido às técnicas aplicadas.

Não basta apresentar conceitos matemáticos de forma completa e profunda se estes se encontram fragmentados, pois é impossível garantir que o aluno, por si só, consiga dar alguma significação para ideias e conteúdos isolados. Quanto à seleção:

O critério central é o da contextualização e da interdisciplinaridade, ou seja, é o potencial de um tema permitir conexões entre diversos conceitos matemáticos e entre diferentes formas de pensamento matemático, ou, ainda, a relevância cultural do tema, tanto no que diz respeito às suas aplicações dentro ou fora da Matemática, como à sua importância histórica no desenvolvimento da própria ciência (BRASIL, 2000, p. 43).

A Matemática, ao integrar a área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias no Ensino Médio, tem seu caráter instrumental e formativo fortalecido: é instrumento de expressão e raciocínio e torna-se espaço de criação e compreensão de ideias desenvolvidas a partir da relação com o social e cultural.

2.1.2. Drogas: uma questão de Saúde

Ao longo da história, a questão de proteção à vida sempre esteve presente em diferentes formações culturais. Diferentes modos de ver a vida são decisivos para determinar o significado de saúde e quais medidas tomar frente às ameaças.

O Tema Transversal Saúde permeia todas as áreas de conhecimento que compõem o currículo, principalmente aquelas disciplinas pertencentes a Ciências da Natureza e suas

Tecnologias e apresenta-se como uma possibilidade de aprendizagem efetiva e transformadora de atitude e proteção à vida.

Existem várias concepções sobre o que é Saúde, no entanto, o modelo que fundamenta os Parâmetros Curriculares Nacionais de Educação para a Saúde apresenta um maior dinamismo ao não reduzir a questão como a ausência de doença ou algo puramente biológico. Esse modelo

[...] não nega a existência ou relevância do fenômeno biológico, muito menos o processo de interação que se estabelece entre o agente causador da doença, o indivíduo suscetível e o ambiente. No entanto, prioriza o entendimento de saúde como valor coletivo, de determinação social (BRASIL, 1997b, p. 250).

Ao entender a saúde como valor coletivo, abre-se a possibilidade de todos interferirem nesta questão, não delegando a responsabilidade apenas ao poder público e aos profissionais da saúde. A própria sociedade pode organizar-se de forma a defender a vida e sua qualidade.

Os fatores que determinam a condição de saúde são: biológico, físico, sócio econômico e cultural (BRASIL, 1997b). No Brasil, a constituição⁵ determina que os serviços à saúde devem ser cada vez mais preventivos, ou seja, devem seguir mais um modelo de atenção integral à saúde, do que um modelo assistencial que é centrado na doença. Entende-se que medidas simples como, por exemplo, campanhas de vacinação e de conscientização são muito mais práticas e possuem um custo muito inferior do que aquelas adotadas quando a enfermidade ou deficiência já está instalada. Desse modo, o modelo assistencial vem a ser utilizado apenas como complemento da atenção integral.

Dentro da temática Saúde, encontra-se a questão Drogas, que recebe uma atenção especial nos PCN por se tratar de um fenômeno moderno, produto da própria sociedade.

As drogas não são todas iguais. São distintas do ponto de vista do risco orgânico, dos efeitos e da dependência que podem provocar, da aceitação legal e cultural que desfrutam, implicando distintas situações de risco. E não necessariamente os riscos decorrentes das convenções sociais, que estabelecem em cada momento e sociedade se cada droga é lícita ou ilícita, correspondem ao risco orgânico decorrentes de seu uso ou abuso (BRASIL, 1997b, p. 272).

De acordo com Brasil (1997b), estudos⁶ disponíveis apontam que no Brasil, quase a totalidade dos abusos de drogas na população referem-se às drogas lícitas. O mesmo ocorre entre os estudantes, na qual em sua maioria, os abusos ocorrem em função do consumo de

⁵ Ministério da Saúde, 1990.

⁶ Pode-se consultar os documentos do Ministério da Saúde - Brasil.

álcool e tabaco. Normalmente, as drogas lícitas são aquelas que ajudam a abrir caminho para as ilícitas.

O uso indevido de drogas, por ser um assunto delicado a ser tratado, coloca a escola em uma posição de expectativa como atuante na questão de conscientização, pois:

[...] o discernimento no uso de drogas está diretamente relacionado à formação e às vivências afetivas e sociais de crianças e jovens, inclusive no âmbito escolar. Além disso, a vulnerabilidade do adolescente e o fato de ser esta a fase da vida na qual os comportamentos grupais têm enorme poder sobre as escolhas individuais fazem da escola palco para o estabelecimento de muitos dos vínculos decisivos para a formação das condutas dos alunos frente aos riscos (BRASIL, 1997b, p. 271).

Devido à adolescência ser uma fase da vida em que a pessoa é estimulada ao consumo, em várias ocasiões de modo excessivo, muitos jovens utilizam, por exemplo, o álcool como forma de demonstrar aos demais que saiu da infância e rumo à vida adulta, ou ainda, utilizam-na como facilitadora de comunicação, como busca de prazer ou escape de problemas.

Dentro da temática Saúde, os PCN possuem a visão de que “a matemática é uma ferramenta valiosa para a compreensão do quadro geral de saúde da população, seja ela em nível local ou global.” (BRASIL, 1997b, p. 279). Este discurso restringe a matemática a índices estatísticos, sobre, por exemplo, faixa etária de consumo, índices de acidentes, etc. Questões biológicas e químicas são observadas nestes documentos como sendo competentes à área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Porém, este trabalho possui o seguinte respaldo:

Pode-se, num momento determinado do trabalho educativo, com o auxílio de um profissional de saúde ou de um professor que tenha interesse especial no assunto, identificar os efeitos das diferentes drogas nas pessoas para o discernimento entre as informações corretas e os mitos e tabus que distanciam da prevenção ao invés de promovê-la (BRASIL, 1997b, p. 281).

O trabalho aqui apresentado parte do interesse de um profissional da educação, que busca interligar a matemática a outras áreas do conhecimento a partir da temática álcool, de forma a reforçar conceitos da matemática e ao mesmo tempo buscar a conscientização a respeito deste assunto que é uma questão de saúde pública.

Aceita-se aqui o desafio de possibilitar uma aprendizagem efetiva de matemática e transformadora de atitudes em relação à vida, cumprindo assim o papel de educação para a cidadania.

2.2. Os jovens e o álcool

O álcool é uma droga lícita comercializada legalmente⁷. O consumo de álcool faz parte da sociedade contemporânea brasileira, na qual seu uso é visto, quase que em sua totalidade, de forma positiva, devido à cultura aqui existente. Segundo Julião (2008, p. 35) “o álcool é a substância psicoativa mais consumida no país, sendo também indiscutível que os danos causados pelo álcool superam os causados pelas drogas ilícitas” e também é a mais utilizada por adolescentes (FADEN, 2005; GALDURÓZ *et al.*, 2005 *apud* BRASIL, 2007).

Apesar da restrição quanto à comercialização para menores de idade, o álcool é na maioria das vezes o primeiro tipo de droga psicotrópica que os jovens têm contato, devido à facilidade de aquisição e o baixo custo. Estudos realizados pelo Centro Brasileiro de Informação sobre Drogas - CEBRID (*apud* JULIÃO, 2008) indicam que o público jovem tem iniciado cada vez mais cedo o uso de bebidas alcoólicas e que é nesta fase em que ocorre uma maior ingestão deste tipo de substância. Essa afirmação pode ser constatada de acordo com Brasil (2007), que em suas pesquisas indicou que as pessoas nascidas entre 1982 e 1989 começaram a consumir bebidas alcoólicas em média com 15,3 anos e a fazer uso regular com 17,3 anos. Já os nascidos entre 1990 e 1993 tiveram essas idades reduzidas, respectivamente, para cerca de 13,9 e 14,6 anos em média.

A nível nacional, um relatório realizado pela Secretaria Nacional Antidrogas apresentou alguns dados em um texto intitulado “Como bebem os adolescentes brasileiros” (BRASIL, 2007), pesquisando jovens com idade entre 14 e 17 anos. Esse relatório revelou que 66% dos adolescentes brasileiros são considerados abstinentes (bebem menos de uma vez ao ano ou nunca beberam), 10% bebem raramente, 15% bebem ocasionalmente (de 1 a 3 vezes por mês), 8% bebem frequentemente (de 1 a 4 vezes por semana) e 1% muito frequentemente (todos os dias). Destaca ainda que, destes que bebem de ocasionalmente a muito frequentemente, 13% apresentam padrão intenso de consumo (cinco ou mais doses por ocasião pelo menos uma vez na semana) e os outros 10% bebem ao menos uma vez ao mês de forma potencialmente arriscada. O relatório ainda apontou que, entre as bebidas mais consumidas estão a cerveja⁸ (52%), o vinho (35%), destilados⁹ (7%) e bebidas *ice*¹⁰ (6%).

Regionalmente, entre os adolescentes de 14 a 17 anos, o I Levantamento Domiciliar sobre o Uso de Drogas Psicotrópicas no Brasil (2001) destacou que a maior prevalência de

⁷ Lei nº 9.294, de 15 de julho de 1996 proíbe a venda de bebidas alcoólicas para menores de 18 anos.

⁸ Inclui o chope.

⁹ Incluem cachaça, uísque, vodca, conhaque e rum.

¹⁰ São destilados misturados com refrigerante ou sucos industrializados.

uso de álcool na vida é encontrado na região Sul, com 54,5%, e que de acordo com a UNESCO¹¹ (2002), a cidade de Porto Alegre lidera o ranking de usuários regulares de substância psicoativa lícitas e ilícitas, com 14,4% de usuários de álcool (*apud* PECHANSKY *et al.*, 2004).

Os jovens consomem o álcool porque possuem algumas expectativas quanto ao seu uso. Em uma escola pública estadual de Porto Alegre – RS que atende alunos de classe média a baixa, Araújo e Gomes (1998) realizaram um estudo com adolescentes com média de idade de 16 anos, que permitiu a classificação dos mesmos de acordo com três padrões de consumo: 37,2% como **abstinência** (aqueles que não beberam no último mês¹²), 41,5% como **moderado** (aqueles que beberam de um a cinco vezes neste período) e 21,3% como **elevado** (aqueles que beberam seis ou mais vezes). A pesquisa indicou as seguintes expectativas quanto ao consumo de álcool:

O Padrão A [abstinência] não espera nada além de rir, ficar alegre, falar besteiras. Não relataram porres e, quando bebem, são apenas alguns goles.

O Padrão B [moderado] relatou o uso do álcool como uma prova de maturidade. Sua experimentação precoce do álcool através da família aponta para uma tendência destas famílias em introduzirem as bebidas alcoólicas como parte da educação ou do desenvolvimento natural das crianças e pré-adolescentes. As famílias orientam o beber, no sentido de evitar a embriaguez. Como resultado, quando eventualmente embriagam-se, os entrevistados do Padrão B preocupam-se com a opinião e a reação dos pais.

O Padrão C [elevado] foi aquele que mais especificou suas expectativas. As entrevistadas esperaram facilitar relacionamentos sociais, especialmente com amigos. A experimentação de bebidas alcoólicas com os amigos faz com que estas adolescentes não apresentem um controle eficiente sobre a quantidade consumida e um limite frouxo em relação à embriaguez. O porre não é relatado como experiência desagradável. Ao contrário, é ao beber demais que outras expectativas, como esquecer problemas e incremento da sexualidade, validam comportamentos de desabafo dos problemas e sedução, respectivamente. (ARAÚJO; GOMES, 1998, p. 23).

Vale destacar aqui, que temas como relaxamento, camaradagem e humor contidos em comerciais de bebidas alcoólicas, são diretamente relacionáveis às expectativas dos jovens (PINSKY; SILVA, 1999 *apud* PECHANSKY *et al.*, 2004). Atualmente verificamos este estilo de propaganda que relaciona a cerveja a pessoas bonitas e legais, a festas, à praia ou ambientes de *happy hour*, por exemplo.

Então, a facilidade de obtenção da bebida alcoólica, o forte apelo midiático e a pressão gerada pelo círculo social podem ser considerados os principais fatores de consumo do álcool pelos adolescentes.

¹¹ Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura.

¹² Essa classificação refere-se ao mês anterior, a contar da data em que foi realizada a pesquisa.

É importante salientar que os prejuízos gerados aos adolescentes são distintos dos gerados aos adultos. Segundo Pechansky *et al.* (2004) alguns riscos são mais frequentes nos adolescentes devido a características próprias da etapa, como o desafio a regras e à onipotência, a crença que estão protegidos de acidentes e o sentimento de maior independência. O autor destaca alguns prejuízos como: aumento da chance de violência sexual, tanto para agressor quanto para a vítima; prejuízos acadêmicos, podendo ocorrer déficit de memória; diminuição da autoestima; comportamento impróprio durante e após o consumo; risco maior de acidentes (incluindo a direção perigosa). Em longo prazo, Pechansky *et al.* (2004) reforça ainda que o uso do álcool pelo adolescente o expõe a um maior risco de dependência química na idade adulta, além de o uso prolongado estar ligado a uma série de prejuízos neuropsicológicos, pois “os efeitos ocorrem em áreas cerebrais ainda em desenvolvimento e associadas a habilidades cognitivo-comportamentais que deveriam iniciar ou se firmar na adolescência” (p. 17).

É suficiente que haja uma atenção especial ao assunto, de maneira a tornar a utilização mais segura, tanto para aquele que o faz, quanto para a sociedade. Para isso, é importante que as pessoas, inclusive os jovens, estejam informadas sobre os riscos decorrentes da utilização de bebidas alcoólicas e isso não significa ater-se apenas aos dependentes, mas sim, a qualquer indivíduo que faça seu uso.

2.3. Modelagem Matemática

Como professor, percebe-se que o empenho e desempenho em Matemática estão relacionados à aceitação ou rejeição da disciplina pelos alunos e que, infelizmente, a rejeição é grande no ensino regular. Por isso, é necessário pensar em formas de tornar a aprendizagem interessante para o aluno que não gosta de matemática, de forma que esse sentimento de rejeição seja diminuído e se transforme em algo agradável.

Como mencionado anteriormente, o discurso “Para que eu vou usar isso?” é recorrente por parte dos alunos que não gostam de matemática e utilizam essa ausência de sentido para justificar uma falta de empenho na aprendizagem. Não adianta falar que “Mais tarde você vai utilizar!”, porque isso não os estimula. Bassanezi (2002) afirma que esse gosto surge quando há estímulos vindos do ‘mundo real’, fora da Matemática, e que em função disso, a matemática aplicada é um caminho.

A Modelagem Matemática mostra-se eficaz quando a matemática é vista desta maneira, pois ela “consiste na arte de transformar problemas da realidade em problemas

matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real” (BASSANEZI, 2002, p. 16) e pode ser vista tanto como um método científico de pesquisa, quanto como um reconhecido método de ensino-aprendizagem. Trabalhar com modelagem envolve transitar com um tema na matemática e em outras ciências e, sendo assim, é uma forma de se trabalhar com os Temas Transversais.

De acordo com Bassanezi (2002), a Modelagem Matemática é um processo empregado para obter e validar modelos matemáticos que possuem a finalidade de prever tendências. O autor ainda define modelo como sendo um sistema artificial criado a partir da formalização de argumentos e parâmetros considerados essenciais para refletir sobre a parcela da realidade em questão. Em seus escritos, ele limita-se a destacar dois tipos de modelos:

- Modelo objeto: representação de um objeto ou fato concreto, cujas principais características são a estabilidade e a homogeneidade das variáveis. Pode ser pictórica (desenho, esquema, mapa, etc.) ou simbólica (equação, considerando todos os seus elementos com a mesma propriedade);
- Modelo teórico: vinculado a uma teoria geral existente, que contém as mesmas características que o sistema real e as suas relações são obtidas através de hipóteses (abstratas) ou de experimentos (reais).

A matemática apresenta-se aqui como linguagem que auxilia na clareza e na simplificação da exposição de ideias:

O objetivo fundamental do “uso” de matemática é de fato extrair a parte essencial da situação-problema e formalizá-la em um contexto abstrato onde o pensamento possa ser absorvido com uma extraordinária economia de linguagem. Desta forma, a matemática pode ser vista como um instrumento intelectual capaz de sintetizar ideias concebidas em situações empíricas que estão quase sempre camufladas num emaranhado de variáveis de menor importância (BASSANEZI, 2002, p. 18).

Não há uma série de etapas estabelecidas que digam como se trabalhar com modelagem, porém, alguns processos podem ser considerados como gerais. O processo aqui descrito segue as referências de Bassanezi (2002):

- I. Escolha de tema: o tema preferencialmente deve ser algo abrangente, para possibilitar questionamentos em várias direções. É interessante que o tema seja escolhido por aquele que for modelar, para que haja uma **vivência do problema**.
- II. Coleta de dados: envolve a experimentação. Neste momento busca-se informações a respeito do tema. Tais informações podem ser obtidas através de:

- Entrevistas e pesquisas (conceitos básicos de Estatística são fundamentais);
 - Pesquisas bibliográficas, utilizando dados já obtidos e catalogados em livros e revistas especializadas;
 - Experiências programadas.
- III. Análise de dados e formulação de modelos: envolve a abstração e resolução. Aqui os dados obtidos orientam a formulação matemática dos modelos, que entre eles, destacam-se dois tipos:
- Formulação estática: utilizam normalmente conceitos ligados à geometria, onde a variável tempo não interessa, criando assim uma relação biunívoca entre as variáveis da formulação e as variáveis físicas do sistema caracterizado;
 - Formulação dinâmica: em geral, envolve dois tipos de variáveis, dependentes e independentes, onde a última geralmente é o tempo.
- IV. Validação: aceitação ou não do modelo. Aqui se comparam as soluções e previsões com os valores do sistema real;
- V. Modificação: a previsão pode estar errada (devido a hipótese falsa, dados obtidos de maneira incorreta, hipóteses e dados verdadeiros, mas insuficientes, variáveis que não foram utilizadas no modelo teórico, erro no desenvolvimento matemático formal) ou o modelo é aceito mas pode ser melhorado.

É importante destacar que “os dados coletados devem ser organizados em tabelas que, além de favorecerem uma análise mais eficiente, podem ser utilizados para a construção dos gráficos das curvas de tendências” (BASSANEZI, 2012, p. 13).

A etapa de modificação possui grande relevância, porque mesmo aceito, um modelo pode ser modificado e melhorado. Para Bassanezi, um modelo torna-se melhor à medida que seus resultados vão se aproximando cada vez mais da realidade e quando este permite a formulação de novos modelos. Isso ocorre porque “estamos sempre trabalhando com aproximações da realidade, ou seja, [...] estamos elaborando sobre representações de um sistema ou parte dele” (BASSANEZI, 2002, p. 24).

Como estratégia de ensino-aprendizagem, Blum (1989, *apud.* BASSANEZI, 2002), argumenta a favor da inclusão da Modelagem Matemática, pois este método auxilia os estudantes no desenvolvimento de capacidades gerais e de atitudes, na preparação para a vida

real como cidadãos atuantes na sociedade, na utilização da matemática como ferramenta para resolver problemas de diferentes situações e áreas, no enriquecimento do arsenal para compreender e interpretar a própria matemática, na compreensão dos argumentos matemáticos, na memorização de conceitos e na valorização desta ciência. Além disso, ainda se encaixa no Programa Etnomatemática¹³ (D'AMBRÓSIO, 1990, *apud* BASSANEZI, 2002).

A Modelagem Matemática como estratégia de ensino-aprendizagem no ensino regular, traz consigo muitos benefícios, mas ao mesmo tempo exige dedicação por parte do professor que o propõe, pois, segundo Bassanezi (2002) dentre as dificuldades existentes estão “a falta de tempo para ‘cumprir’ um programa, a inércia dos estudantes para desenvolver a modelagem e a inexperiência de professores” (p. 38). Neste caso, o autor propõe o que denominam Modelação Matemática, ou seja,

[...] se o curso for regular com *um programa a ser cumprido* o processo de modelagem deve ser adaptado, considerando temas dirigidos que tenham modelos com características próprias do conteúdo a ser tratado no curso. Neste caso, também não se pode deixar de fazer a formalização contínua dos objetos matemáticos que aparecem nos modelos e é desejável que o professor já tenha trabalhado anteriormente com o tema para que o desenvolvimento do curso flua normalmente. (BASSANEZZI, 2012, p. 8, grifo do autor).

A Modelação Matemática utiliza da essência da modelagem nos cursos regulares, desenvolvendo o conteúdo programático a partir de um tema ou modelo matemático, de forma a orientar o aluno a realizar seu próprio modelo-modelagem (BIEMBENGUT; HEIN, 2002).

Nesse aspecto, Biembengut e Hein (2002) sugerem algumas etapas para a implementação da Modelação Matemática:

- I. Diagnóstico: busca conhecer a realidade socioeconômica dos alunos, seus interesses, o grau de conhecimento matemático, o horário da disciplina, o número de alunos e suas disponibilidades para trabalho extraclasse, de forma a escolher um tema e nortear o desenvolvimento do programa.
- II. Escolha do tema ou modelo matemático: utiliza-se de um tema único a cada tópico matemático do programa ou conteúdo, ou um tema único por todo período letivo, mas isto exige cuidado para que o tema seja abrangente e que ao mesmo tempo não se torne “cansativo” para os alunos. O professor pode escolher o tema ou propor que os alunos escolham.

¹³ Propõe um enfoque epistemológico alternativo associado a uma historiografia mais ampla. Parte da realidade e chega, de maneira natural e através de um enfoque cognitivo como forte fundamentação cultural, à ação pedagógica. (D'AMBRÓSIO, 1990, *apud* BASSANEZI, 2002, p. 37)

- III. Desenvolvimento do conteúdo programático: o professor segue as mesmas etapas do processo de modelagem, porém acrescenta o desenvolvimento do conteúdo matemático necessário para a formulação e resolução do modelo logo após a formulação das questões levantadas.
- IV. Orientação de modelagem: o objetivo principal é criar condições para que os alunos aprendam a fazer modelos matemáticos aprimorando seus conhecimentos. Para isso, é fundamental que o professor, no seu planejamento do trabalho de modelagem, leve em consideração os aspectos diagnosticados inicialmente e se aprofunde no tema.
- V. Avaliação do processo: o professor pode adotar uma teoria de avaliação que leve em conta a avaliação como fator de redirecionamento do trabalho do próprio professor ou para verificar o grau de aprendizagem do aluno. Neste último aspecto, o professor pode avaliar o aluno de forma subjetiva (participação, assiduidade, cumprimento de tarefas, espírito comunitário) e objetiva (produção de conhecimento matemático, produção de um trabalho de modelagem e grupo, extensão e aplicação do conhecimento).

Biembengut e Hein (2002) destacam uma última condição necessária para que um professor implemente a modelagem/modelação no ensino: “audácia, grande desejo de modificar sua prática e disposição de conhecer e aprender” (p. 29). Para aqueles que desejam fazer um trabalho utilizando modelação, mas não se sentem seguros, orientam:

- conhecer alguns modelos clássicos por meio da literatura a respeito da história da ciência ou da ciência contemporânea, adaptando-os para a sala de aula; ou
- apresentar cada um dos conteúdos do programa a partir de modelos matemáticos de outras áreas do conhecimento (Física, Química, Economia, dentre outras); [...] (p. 30).

Como mencionado inicialmente, este trabalho é fruto da necessidade e do interesse em se trabalhar com os alunos o tema **Álcool** devido à realidade constatada entre os jovens na escola em que lecionei e por esse ser um tema também importante na maioria de outras escolas devido a realidade do jovem brasileiro, como pudemos ver. Tal tema é considerado transversal e pode ser trabalhado com os alunos através da Modelagem Matemática, porém, devido à minha inexperiência com modelagem e falta de interação com o assunto, foi necessário vivenciar a modelagem de tal tema - produto deste trabalho - que servirá futuramente como base para a implementação de um trabalho de conscientização e aprendizagem de matemática.

3. ÁLCOOL: UM TEMA A SER PROPOSTO

Iniciando o processo de modelagem, me aprofundo tema Álcool a partir de artigos, livros e trabalhos acadêmicos que tratam do assunto, dos quais extraio os dados que servem, posteriormente, para a formulação de problemas e modelos.

O tema **Álcool** é abrangente e pode possibilitar questões em diversas direções, como por exemplo, produção do álcool, formas de utilização, índices de acidentes em função do consumo, etc. Contudo, este trabalho estará focado nos efeitos e consequências do seu consumo no organismo.

Para poder trazer informações sobre os problemas ocasionados pelo álcool, primeiramente é necessário trazer informações sobre a sua farmacologia, isto é, é necessário estudar como esta substância química interage com o nosso sistema biológico. Posteriormente, tratamos de duas regiões afetadas pelo consumo de álcool: o fígado, onde ocorre a sua metabolização, e o cérebro, mais precisamente o Sistema Nervoso Central (SNC).

A coleta destas informações ocorreu através de pesquisa bibliográfica, utilizando dados obtidos e catalogados em livros e artigos especializados da área médica.

3.1. Características químicas do álcool

O álcool, ou etanol, cuja fórmula química é o C_2H_5OH é um líquido incolor encontrado em todas as bebidas alcoólicas e que possui alta solubilidade em água (WOLFGANG; SILVEIRA, 2009).

A bebida alcoólica é obtida através da fermentação alcoólica, que é uma reação química em que microorganismos agem sobre os açúcares das diferentes matérias primas e produzem o etanol e o gás carbônico. Através do processo de fermentação, obtêm-se bebidas com até 15% de álcool puro dependendo da matéria prima utilizada. Bebidas com concentrações maiores de álcool são obtidas através do processo de destilação após a fermentação (FERREIRA; MONTES, 1999).

3.2. Tipos de bebidas

Diferentes tipos de bebidas alcoólicas possuem distintos tipos de concentração de álcool. O teor alcoólico é a quantidade de etanol contida na bebida, expresso em porcentagem.

Por exemplo, quando dizemos que o teor alcoólico do vinho é 11%, significa que 11% do líquido contido na bebida é álcool e os 89% restantes são compostos por água e outros produtos.

Na tabela a seguir, são informados os teores alcoólicos de alguns tipos de bebidas, cuja informação encontra-se nas próprias embalagens.

Tabela 1: Teor alcoólico médio das bebidas

Tipo de bebida	Teor alcoólico (%)
Cachaça	40
Cerveja	5
Champanhe	12,5
Conhaque	38
Vinho	10,5
Licor	17
Rum	40
Tequila	40
Uísque	40
Vodka	40

3.3. Ingestão da bebida alcoólica

O organismo tende a livrar-se do etanol quando ingerido, uma vez que este é uma substância tóxica. Segundo Heckmann e Silveira (2009, p. 69) “cerca de 2% a 10% do etanol (baixas e altas concentrações de álcool no sangue, respectivamente) é excretado diretamente pelos pulmões, pela urina ou pelo suor, mas a maior parte é metabolizado no fígado”.

Como mencionado anteriormente, o álcool é altamente solúvel em água. Uma vez ingerido, rapidamente o álcool tende a espalhar-se pelo organismo equilibrando-se entre o sangue e os tecidos do corpo, já que os mesmos são compostos em sua grande parte por água.

3.4. Determinação da quantidade de álcool ingerido e de álcool no sangue

Intuitivamente, sabemos que quanto mais álcool ingerirmos, maiores serão as consequências. Sendo assim, para saber sobre os efeitos, é necessário primeiramente saber identificar as quantidades de álcool ingerido, absorvido e excretado.

De acordo com Mincis e Mincis (2011) a quantidade diária em gramas de álcool ingerido por uma pessoa por dia pode ser modelada pela fórmula:

$$A = \frac{dg\alpha}{100}, \quad (1)$$

onde A é a quantidade de álcool ingerido (g), d é a quantidade de bebida ingerida (ml), g é o teor alcoólico da bebida e α é o valor da densidade do álcool (g/ml). A densidade do álcool é algo em torno de 0,789 g/ml, mas aqui para fim de cálculos, admitiremos $\alpha = 0,8$ g/ml.

Depois de ingerido, ao passar pelo estômago e intestino delgado, o álcool espalha-se pelo organismo. A pessoa passa a sentir os efeitos da bebida alcoólica depois que esta se mistura ao sangue chegando aos vários tecidos do corpo, estando entre eles o cérebro.

Se duas pessoas consumirem a mesma quantidade de uma mesma bebida alcoólica, isso não significa que ambas sentirão os mesmos efeitos, pois a taxa de alcoolemia (concentração de álcool no sangue), responsável por determinar os efeitos, pode variar de pessoa para pessoa, devido a fatores como idade, sexo, tamanho, peso, etc. Estas diferenças serão discutidas posteriormente. Mas então, como se pode determinar a quantidade de álcool no sangue de uma pessoa?

A concentração de álcool no sangue relaciona uma quantidade de álcool, determinada em unidades de massa (como gramas, miligramas, etc.) a uma quantidade de sangue em unidades de volume (litro, decilitro, mililitro, etc.).

Considerando um consumo **rápido** de uma bebida (em até 20 min), a **absorção** total do álcool pelo organismo ocorre entre 30 e 45 min a contar do início da ingestão, que coincide com o pico (auge) de concentração de álcool no sangue (NIAAA, 1997).

Uma das mais importantes contribuições do médico E. M. P. Widmark (*apud* GULLBERG, 2007) foi a determinação de uma equação base para estimar a quantidade de álcool no sangue em um determinado momento, em função da quantidade de álcool consumida. Esta relação é dada por:

$$C_t = \frac{A}{pr} - \beta t, \quad (2)$$

onde C_t é a concentração de álcool no sangue no instante t (g/l), A é a quantidade de álcool consumido (g), p é a massa corporal (kg), β é a taxa de eliminação de álcool no sangue (g/l/h), r é o fator de distribuição (l/kg) e t é o tempo desde o início do consumo (h).

A quantidade de álcool consumido A pode ser obtida através da equação (1), a massa corporal p e o tempo desde o início do consumo t irão variar de acordo com a situação e podem ser facilmente determinados. De acordo com os estudos de Widmark (*apud* GULLBERG, 2007) o fator de distribuição r varia entre dois valores, sendo associado 0,68 para homens e 0,55 para mulheres, uma vez que “a mulher tem em média menor proporção de água corporal (45% a 55%) que o homem (55% a 65%), e quanto mais água corporal, maior a diluição do álcool” (JULIÃO, 2009, p. 38).

Já a taxa de **eliminação** do álcool no sangue β é uma constante cujo valor aceitável deve ser entre 10 e 25 mg/100ml/h em uma pessoa sadia, que também está sujeita a fatores externos (ROBERTS; ROBINSON, 2007). Ou seja, normalmente uma pessoa elimina entre 10 e 25 mg de álcool para cada 100 ml de sangue do seu corpo a cada hora, possuindo assim um **padrão linear** de eliminação dessa droga do seu corpo, diferente da maioria das demais drogas que apresentam um padrão exponencial de eliminação. Para fins didáticos de utilização da equação (2), vamos admitir um valor de β igual à 0,17 g/l/h, já convertido na unidade de medida admitida na equação quando não houverem dados para calcular a eliminação.

As equações (1) e (2) só foram possíveis de serem modeladas devido a padrões existentes na eliminação do álcool que foram observados ao longo do tempo em pesquisas. Dubowski (1985) apresenta em um de seus trabalhos, gráficos obtidos através do monitoramento de pessoas após a ingestão de certa dose de álcool (Figura 1).

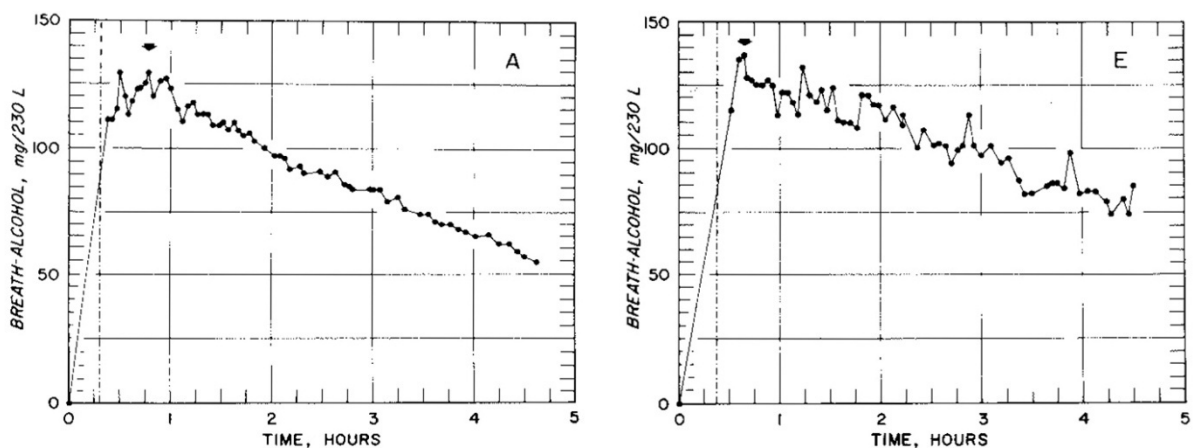


Figura 1: Curvas de concentração de álcool no hálito em função do tempo (retirado de Dubowski, 1985, p. 104).

O gráfico da esquerda (A) expressa a concentração de álcool no hálito de um homem que ingeriu 0,8 g/kg de uísque, enquanto que o gráfico da direita (E) expressa a de um homem que ingeriu 1,0 g/kg de cerveja. O teste foi altamente padronizado, utilizando homens saudáveis. A concentração de álcool foi medida em intervalos de 5 min por espectrometria de

infravermelho e comparado com amostras frequentes de sangue. A linha pontilhada indica o fim da ingestão de álcool e a seta indica o pico de concentração de álcool no ar expelido.

Devido à existência desses padrões, graficamente a absorção e eliminação de álcool no sangue podem ser representadas através da denominada **Curva de Widmark** (ELBEL; SCHLEYER, 1956; WALGREN; BARRY, 1970; WIDMARK, 1932 *apud* DUBOWSKI, 1985) que pode ser visualizada na Figura 2:

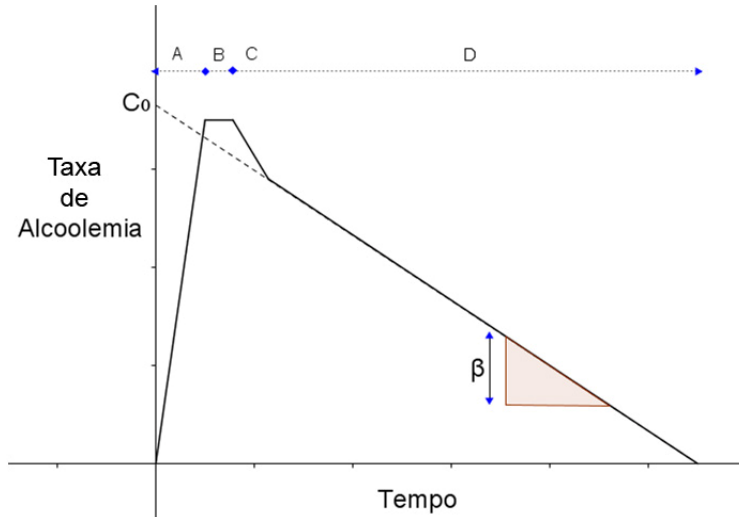


Figura 2: Curva teórica de concentração de álcool no sangue ou na respiração - Curva de Widmark (modificado de Dubowski, 1985, p.99).

Nesta curva teórica, A é a fase de absorção, B é pico de concentração de álcool, C é a difusão de equilíbrio e D é a fase de eliminação.

A equação (2) e a Figura 2 fornecem resultados próximos à realidade em grande parte dos casos de ingestão de álcool, porém, em outros, anomalias podem ser observadas, como mostram outros gráficos na Figura 3, do mesmo teste que foi apresentado na Figura 1:

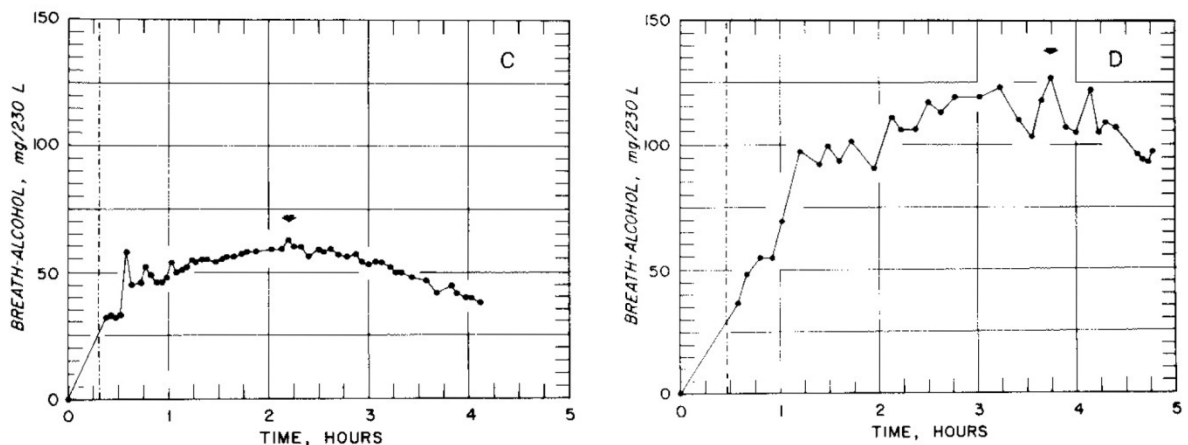


Figura 3: Curvas de concentração de álcool no hálito em função do tempo. (retirado de Dubowski, 1985, p. 104).

O gráfico da esquerda (C) expressa a concentração de álcool no hálito de um homem que ingeriu 0,5 g/kg de champanhe, enquanto que o gráfico da direita (D) expressa a de um homem que ingeriu 1,0 g/kg também de champanhe. O teste refere-se ao mesmo aplicado na situação da Figura 1.

Estes resultados, exemplificados na Figura 3, distantes do modelo teórico, surgem porque inúmeros fatores influenciam tanto na absorção quanto eliminação do álcool no organismo: tipo de bebida ingerida¹⁴, ingestão de alimentos, fatores físicos, biológicos, psicológicos e temporais que se combinam com o sexo, idade, peso, água corporal, etc. Devido a essas peculiaridades, a farmacocinética do álcool pode ser única se comparada a outras drogas (DUBOWKI, 1985).

Independente do meio utilizado para medir a taxa de alcoolemia, obtemos uma aproximação satisfatória na maior parte dos casos com o modelo teórico.

3.5. Problemas decorrentes da ingestão do álcool

Quando se pensa em problemas de saúde relacionados ao álcool, lembramos principalmente das doenças relacionadas ao fígado, como a cirrose, e a relação existente entre consumo de bebida e perda de coordenação motora, ou seja, o efeito sobre o cérebro.

Aqui é importante destacar que existem dois grupos a serem considerados: os que consomem cronicamente o álcool (alcoólatras) e os que fazem uso eventual do álcool e que às vezes sofrem de embriaguez aguda, isto é, consomem além do considerado seguro.

De acordo com Heckmann e Silveira (2009, p. 68), “para que a dependência alcoólica ocorra, é fundamental que haja vulnerabilidade e suscetibilidade à dependência, fomentadas por condições biológicas, psicológicas, sociais e ambientais”. Devido a estas diferenças, algumas pessoas podem desenvolver dependência alcoólica e outras não.

A embriaguez aguda, em grande parte dos casos, vem da mística “quanto mais, melhor”, onde muitas pessoas buscam na bebida a alegria, a desinibição, o esquecimento de

¹⁴ Uma possibilidade existente para que haja essa discrepância mostrada na Figura 3, pode ser verificada em Roberts e Robinson (2007), ao considerarem que bebidas gaseificadas (neste caso o champanhe) possuem reações que variam de pessoa para pessoa. Em suas pesquisas, ao compararem a taxa de absorção de uma bebida alcoólica gaseificada com outra não gaseificada, os autores detectaram uma grande variação nesta taxa: em alguns indivíduos a taxa de absorção aumentava e em outros diminuía se comparado à absorção de bebidas não gaseificadas. Segundo eles, isso pode ocorrer porque a bebida ao liberar o seu gás carbônico, causa distensão no estômago, que aumenta a taxa de esvaziamento gástrico e conseqüentemente, afeta a taxa de absorção de álcool, só que esse grau de distensão pode variar entre os indivíduos, inclusive, nem ao menos ocorrer em alguns casos.

problemas, etc. O que poucos sabem é que “o álcool tem um efeito inicial estimulante, mas em seguida o efeito é de depressão do sistema nervoso central” (JULIÃO, 2008).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS) (*apud* HECKMANN; SILVEIRA, 2009) o consumo aceitável de álcool seria em torno de 15 doses/semana para homens e 10 doses/semana para mulheres, considerando que cada dose contenha entre 10 e 15g de álcool. Sendo assim, considerando uma média de 12,5g de álcool por dose, o consumo que evitaria problemas com o álcool ficaria em torno de 187,5g por semana para homens e 125g por semana para mulheres.

3.5.1. Álcool e o metabolismo no fígado

O fígado é o encarregado por eliminar grande parte do etanol do organismo, algo entre 90% e 98%. O fígado é capaz de eliminar essa quantidade de álcool, pois é ele “que contém a maior quantidade de enzimas capazes de metabolizá-lo” (MINCIS; MINCIS, 2011, p. 152). Por causa disso, é nele que ocorre a maioria das lesões causadas pela bebida alcoólica.

Em relação aos problemas no fígado, não há modelos matemáticos capazes de prever, por exemplo, a sua deterioração ou grau de comprometimento em função da quantidade ingerida. De acordo com a literatura, o que se pode trazer aqui de dados quantitativos são aqueles referentes ao prazo que certas doenças frequentemente aparecem dependendo da quantidade de álcool consumida por um longo tempo.

Segundo Mincis e Mincis (2011, p. 152) “a Doença Hepática Alcoólica (DHA), [...] representa protótipo de doença em que convergem fatores biológicos, clínicos, epidemiológicos e psicológicos”.

A oxidação do etanol no fígado ocorre em duas fases, como indica a Figura 4:

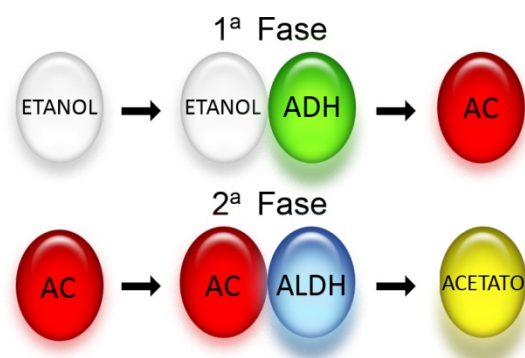


Figura 4: Processo de metabolização do álcool.

Mincis e Mincis (2011) indicam que na primeira fase, com a participação da enzima ADH (álcool desidrogenase) o etanol transforma-se em aldeído acético (AC), uma substância muito **mais tóxica** que o etanol. Na segunda fase, o aldeído acético é transformado em acetato com a participação do cofator ALDH (aldeído desidrogenase). Os mesmos autores salientam que por causa da oxidação do etanol, ocorrem alterações bioquímicas que fazem parte de mecanismos capazes de causar dano ao fígado e citam os fatores de risco para a DHA:

- Quantidade de álcool ingerido;
- Duração (tempo) da ingestão;
- Continuidade;
- Sexo feminino;
- Desnutrição;
- Substâncias hepatóxicas em bebidas alcoólicas;
- Outras condições patológicas (obesidade, deposição de ferro);
- Hepatites pelos vírus B e C;
- Fator genético (predisponente).

Não há consenso entre os autores na literatura quando se trata de definir a quantidade ingerida e a duração de ingestão do etanol para que haja risco de formação de DHA, como afirmam Mincis e Mincis (2011). Analisando os dados e levando ainda em consideração o fator do gênero ser masculino ou feminino, as opiniões quanto ao risco de desenvolvimento de Doença Hepática Alcoólica variam: para homens, um consumo entre 30 g/dia e 160 g/dia e para mulheres um consumo entre 20 g/dia e 160 g/dia. Isso equivale a um consumo, em latinhas de cerveja de 350 ml, de 2 a 11 por dia para homens, e de 1,5 a 11 por dia para mulheres. Pode parecer estranho o fato de uma pessoa precisar consumir até 11 latinhas de cerveja durante um longo tempo para desenvolver a DHA, porém, pode-se lembrar aqui que, além da cerveja ser uma bebida que possui um dos menores teores alcoólicos, existe uma grande diferença de metabolismo, fatores internos ou externos existente entre as pessoas que podem contribuir para o aparecimento ou não da DHA. O que se pode afirmar, é que as chances de desenvolver a DHA são maiores naqueles indivíduos que bebem diariamente se comparados aos que bebem apenas em finais de semana, pois, a capacidade de regeneração do fígado fica reduzida devido às alterações bioquímicas frequentes; não há tempo suficiente para a regeneração.

Mincis e Mincis (2011) destacam algumas lesões hepáticas que podem ocorrer:

- Esteatose;

- Hepatite alcoólica;
- Cirrose;
- Fibrose perivenular;
- Hepatite crônica Ativa;
- Hepatocarcinoma.

Temos que “para se formular uma hipótese diagnóstica de DHA, o consumo diário de álcool deve ser, no mínimo de 40 a 80 g durante período de, pelo menos, 1 ano” (MINCIS, MINCIS, 2011, p. 156). Isso equivale à aproximadamente de 3 a 6 latas de cerveja de 350 ml por dia. Para verificar a hipótese, basta utilizar a equação (1). Ao consumir álcool cronicamente segundo esses padrões, “a cirrose só se desenvolve após 8-10 anos e a HA [hepatite alcoólica], em geral, após 5 anos de consumo etílico” (MINCIS, MINCIS, 2011, p. 156).

A hepatite alcoólica é uma lesão pré-cirrotica e a cirrose é a fase da DHA considerada irreversível pela maioria dos autores (MINCIS; MINCIS, 2011).

3.5.2. Álcool e o Sistema Nervoso Central

Ao tratar dos distúrbios causados pelo álcool no Sistema Nervoso Central (SNC), estamos trabalhando principalmente com prejuízos em curto prazo. É errôneo pensar em conscientizar as pessoas apenas para evitar o vício do álcool, uma vez que, segundo Julião (2008, p. 36) “muitas conseqüências negativas do uso de álcool ocorrem justamente entre pessoas que não são dependentes”, pois a embriaguez aguda é capaz de levar a situações de risco, como dirigir embriagado, situações de violência, sexo sem proteção, etc.

Como era de se supor, quanto maior a quantidade de álcool no sangue, maiores são as suas conseqüências. Existem diversas tabelas de variados especialistas e entidades que associam a concentração de álcool no sangue com os reflexos ocasionados pela embriaguez aguda no SNC. A Tabela 2 a seguir é um exemplo destas tabelas baseado no trabalho *Stages of Acute Alcoholic Influence/Intoxication*, de Dubowski (2006), cuja unidade de medida utilizada pelo autor fora g/100ml e aqui convertida de acordo com a unidade de medida da concentração de álcool no sangue (C_i) utilizada na Equação 2.

Essas tabelas são utilizadas, por exemplo, em alguns estados brasileiros, em pareceres médico-legais sobre alcoolemia de motoristas que se negam a fazer o teste do bafômetro, pois por serem fundamentadas cientificamente, servem para poder opinar se estes

motoristas estariam com concentrações de álcool no sangue superiores ao permitido em lei (GOIÁS, 2010).

Tabela 2: Estágios de influência/intoxicação aguda

Concentração de álcool no sangue (g/l)	Estágio de Influência Alcoólica	Sinais clínicos/Sintomas
0,1 – 0,5	Subclínica	Influência/efeitos não aparentes ou óbvios; Comportamento praticamente normal por simples observação; Diferença detectável por exames especiais.
0,3 – 1,2	Euforia	Euforia leve, sociabilidade, fala excessiva; Aumento da auto-confiança; desinibição; Diminuição da atenção, julgamento e controle; Algum prejuízo sensório-motor; Demora do processamento de informações; Perda de eficiência em testes de desempenho crítico.
0,9 – 2,5	Excitação	Instabilidade emocional, perda do julgamento crítico; Diferença de percepção, memória e compreensão; Diminuição da resposta sensorial, maior tempo de reação; Diminuição da acuidade visual e visão periférica; Falta de coordenação sensório-motora; diminuição do equilíbrio, fala arrastada, vômitos, sonolência.
1,8 – 3,0	Confusão	Desorientação, confusão mental, vertigem, mal-estar; Estados emocionais exageradas (medo, raiva, tristeza, etc); Perturbações da visão e de percepção de cor, forma, movimento, dimensões; Aumento da sensação de dor; Aumento da incoordenação muscular, andar cambaleante; Apatia, letargia.
2,5 – 4,0	Estupor	Inércia generalizada, comprometimento das funções motoras; Grande diminuição da resposta aos estímulos; Forte incoordenação muscular, incapacidade de ficar de pé ou andar; Vômitos, incontinência de urina e fezes; Alteração da consciência, sono ou estupor.
3,5 – 5,0	Coma	Completa inconsciência, coma, anestesia; Reflexos deprimidos ou suprimidos; Temperatura abaixo do normal; Diminuição da circulação e da respiração; Possibilidade de morte.
4,5 ou mais	Morte	Morte por parada respiratória.

Fonte: (DUBOWSKI, 2006) [minha tradução]

Usuários crônicos de álcool podem desenvolver ao longo do tempo problemas no SNC, podendo-se afirmar que “tais danos são conhecidos e bem documentados pela literatura médica, como [...] quadro demenciais, neuropatias periféricas, problemas psiquiátricos, entre outros” (JULIÃO, 2008, p. 36).

O usuário crônico pode desenvolver a Síndrome de Abstinência Alcoólica quando o consumo do homem é igual ou superior a 168 g/semana ou 48 g por ocasião e o da mulher é igual ou maior que 84 g/semana ou 36 g por ocasião. O primeiro sinal desta síndrome são tremores que ocorrem entre 24 h e 36 h após a ingestão da última dose e podem ser

acompanhadas por taquicardia, rubor facial e hiperreflexia. Pessoas diagnosticadas com esse problema devem permanecer calmas e confortáveis para evitar complicações como convulsões, arritmias, infecções e sequelas crônicas (HAES *et. al.*, 2010).

Como no caso do fígado, para os efeitos do álcool no cérebro também não há modelos matemáticos que auxiliem (de forma precisa) na quantificação dos níveis de deterioração ou de morte de neurônios. A partir de exames de imagem pode-se determinar as lesões causados pelo consumo excessivo do álcool, mas a modelagem matemática deixa a desejar neste quesito.

3.5.3. Alguns fatores que interferem na absorção e metabolismo do álcool

Podemos destacar dois fatores importantes que interferem diretamente nos efeitos do álcool sobre o organismo, mas que são desconhecidos para algumas pessoas: a alimentação e o gênero.

A taxa com que o álcool é absorvido pelo organismo, depende do tempo que ele leva para sair do estômago e ir para os intestinos e posteriormente se espalhar pela corrente sanguínea. Comidas gordurosas são processadas mais lentamente no estômago. Um estudo mostra que pessoas que bebem álcool depois de uma refeição que inclui gordura, proteínas e carboidratos absorvem o álcool cerca de **três vezes mais lentamente** do que quando consomem álcool com o estômago vazio (JONES, 1994 *apud* NIAAA, 1997). Com isso, os picos de alcoolemia reduzem, uma vez que a taxa de eliminação do álcool fica mais próxima da taxa de absorção. Esses picos podem ser reduzidos entre 20% e 57%, dependendo do tipo de alimento e bebida (ROBERTS; ROBINSON, 2007).

Ao longo deste trabalho, em vários momentos destacou-se o fato da mulher ser mais sensível aos efeitos do álcool se comparado ao homem. Dentre estes efeitos está que o índice de alcoolemia de uma mulher é maior que a de um homem mesmo que ambos consumam uma mesma quantidade de uma determinada bebida. Julião (2008) explica que isso ocorre primeiramente porque uma mulher possui menos água corporal, como já foi mencionado, e porque as mulheres possuem menores quantidades da enzima ADH (álcool desidrogenase) e por consequência disso, acabam sendo também mais vulneráveis a doenças hepáticas.

Um estudo (FREZZA *et al.*, 1990) buscou investigar possíveis diferenças relacionadas ao sexo na oxidação gástrica do etanol, sabendo que existem enzimas ADH em menores quantidades no estômago se comparadas ao fígado. As curvas de concentração de álcool no sangue da Figura 5 foram determinadas após a administração de uma dose intravenosa (linhas

tracejadas) e oral (linhas sólidas) de 0,3 g por quilograma de massa corporal de álcool, em homens e mulheres, alcoolistas e não alcoolistas. A administração intravenosa foi administrada a fim de evitar o metabolismo de primeira passagem¹⁵ e assim comparar a contribuição da atividade gástrica na metabolização do álcool.

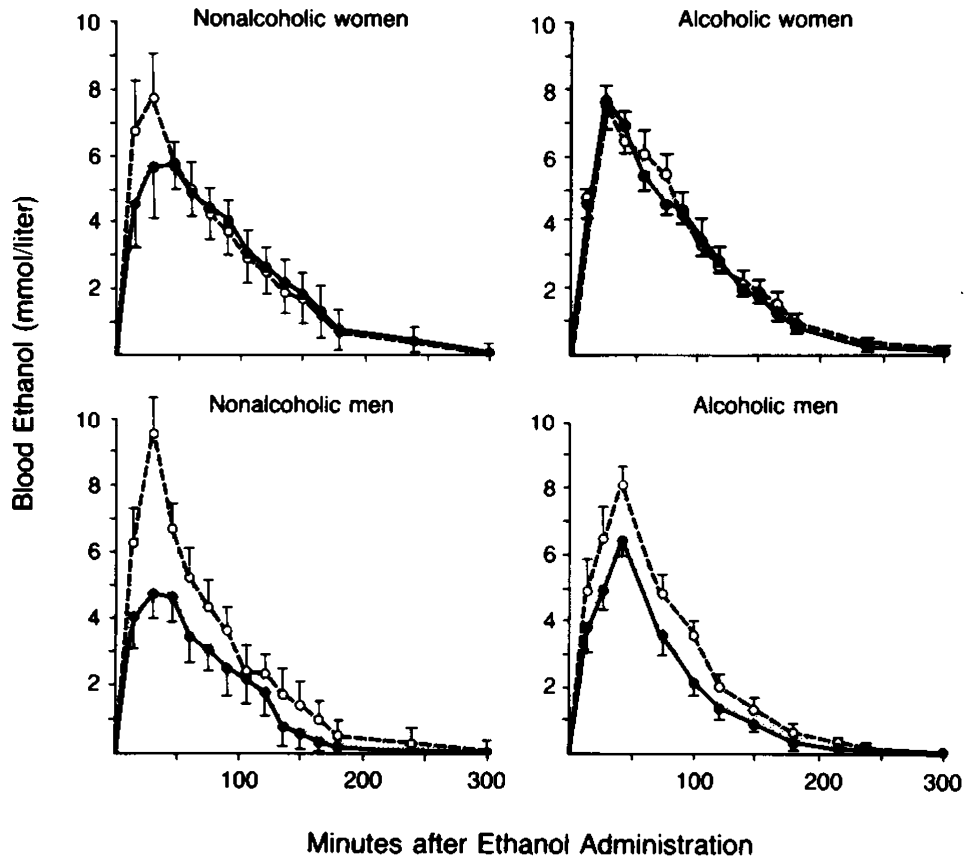


Figura 5: Efeitos do gênero e do abuso crônico na concentração de álcool no sangue. (retirado de FREZZA *et al.*, 1990, p. 97).

A partir dos destes gráficos, pode-se perceber que os usuários crônicos do álcool tiveram a atividade gástrica do ADH reduzida se comparado aos indivíduos não alcoólicos (basta comparar, nos gráficos de linha sólida, o pico de alcoolemia nos dois grupos). Segundo Frezza *et al.* (1990) a redução chegou a ser de 36% a 46% em homens e de 11% a 20% em mulheres. De fato, também se percebe uma menor atividade gástrica do ADH nas mulheres se comparados aos homens no grupo dos não alcoólicos, de forma que essa atividade gástrica do ADH nos homens foi de 70% a 80% maiores que nas mulheres (FREZZA *et al.*, 1990). Um último fato a ser destacado, refere-se que as mulheres alcoolistas não apresentam uma

¹⁵ É a degradação que inicia quando a droga administrada via oral é absorvida pelo trato gastrointestinal e, através da circulação porta, vai primeiramente para o fígado, onde é submetido à biotransformação e degradação, podendo ser completamente metabolizado e inativado, não atingindo níveis na circulação sistêmica na sua forma ativa. Uma droga quando administrada via intravenosa contorna este efeito. (DICIONÁRIO MÉDICO).

atividade gástrica do ADH aparente no metabolismo de primeira passagem, pois não há diferença significativa entre os picos de alcoolemia da administração oral e intravenosa.

Este estudo é um dos exemplos dessa diferença existente entre homens e mulheres frente ao consumo de álcool. Ele indica uma das diferenças existentes biologicamente entre os gêneros, além de também reforçar a afirmação que as mulheres tem sua saúde prejudicada mais facilmente.

3.6. Considerações

Neste trabalho nos focamos nos malefícios causados pelo consumo excessivo do álcool, contudo, podemos destacar que existem benefícios no consumo moderado. Varella (s.d.) cita uma série de estudos existentes sobre os benefícios do álcool, mas por enquanto, o único de fato comprovado é que o consumo moderado de álcool reduz o risco de ataques cardíacos. Ao que ele indica, aqueles que consomem de forma moderada o álcool apresentam níveis de HDL (“colesterol protetor”) mais altos do que os abstêmios, sangue menos coagulável que dificulta a formação de trombos nas artérias coronárias, e menor risco de desenvolver diabetes do tipo 2. Mas vale ressaltar, isso vale para um consumo moderado.

Ao longo deste trabalho de pesquisa, pode-se concluir que ao se reconhecer o processo do álcool no organismo, cria-se uma possibilidade, não de negação do consumo, mas sim, de um consumo mais consciente. Entender como ocorre esse processo de interação com o organismo, ajuda o sujeito a tomar consciência sobre seus próprios limites e as formas de proteger a vida, sem que isso lhe seja imposto.

No capítulo seguinte, indico alguns problemas relacionados ao consumo de álcool, cujas respostas surgem da interpretação dos modelos que são obtidos segundo as informações estudadas. O primeiro problema resume-se na determinação de funções a partir de dados experimentais coletados e os demais são problemas gerados a partir de situações do cotidiano de pessoas próximas à minha realidade, situações que podem facilmente ser substituídas por outras, propostas pelos alunos, de acordo com a realidade deles. Estas questões representam apenas algumas possibilidades de problematização do tema, que tiveram também por objetivo, prever os tipos de conhecimentos matemáticos a serem utilizados pelos educandos.

4. RESOLVENDO ALGUNS PROBLEMAS

Bassanezzi (2002) afirma: “da mesma forma que só se pode aprender a jogar futebol, jogando, só se aprende modelagem, modelando!” (p. 43). Aqui são apresentados alguns modelos envolvendo o tema Álcool que podem servir de referência para um futuro trabalho em sala de aula. Ao vivenciar o processo de modelação, é possível refletir sobre os conteúdos matemáticos envolvidos, o tempo necessário de execução, as possíveis dificuldades que os alunos poderão enfrentar, os materiais que podem ser utilizados no processo, as possibilidades de se trabalhar em conjunto com outras disciplinas sobre o mesmo tema, etc.

4.1. Taxa de alcoolemia

Para determinar um modelo que expresse a taxa de alcoolemia, ou seja, a quantidade de álcool no sangue são necessários dados de amostras de sangue ou ar expelido de indivíduos que ingeriram certa dose de álcool. Esses dados podem ser obtidos mediante experimento ou utilizando dados experimentais já catalogados.

A Tabela 3 a seguir foi extraída do artigo¹⁶ de Corrêa e Pedroso (2000) e apresenta a concentração de álcool no sangue de dez voluntários do sexo masculino:

Tabela 3: Concentração sanguínea de etanol medida diretamente no sangue (g/l)

Voluntário tempo (h)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,93	1,15	1,10	0,86	1,20	1,16	1,03	1,37	1,09	1,23
2	0,72	0,75	1,00	0,78	0,79	0,73	0,81	0,90	0,82	1,06
3	0,60	0,67	0,93	0,67	0,53	0,61	0,70	0,69	0,52	0,85
4	0,37	0,51	0,55	0,33	0,39	0,39	0,55	0,49	0,27	0,68
5	0,22	0,36	0,44	0,13	0,22	0,20	0,33	0,27	0,06	0,44
6	0,08	0,12	0,18	0,00	0,07	0,11	0,11	0,07	0,00	0,18
7	0,00	0,07	0,07	0,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,06

Fonte: (CORRÊA; PEDROSO, 2000)

¹⁶ Os dados obtidos por Corrêa e Pedroso (2000), expressos na tabela 3, foram utilizados pelos autores para um estudo das vantagens e limitações do uso de urina para a determinação dosagem alcoólica levando em consideração a relação urina-sangue.

Cada um dos indivíduos recebeu uma dose única de uísque equivalente a 0,68 gramas de álcool por quilograma de massa corpórea. Segundo o artigo, a concentração máxima de álcool no sangue ocorre por volta de 1 hora após a ingestão.

Problema: Determinar um modelo matemático de tendência de concentração de álcool no sangue sobre essas circunstâncias.

Pela tabela 3, podemos obter a tabela 4, que transforma as taxas de alcoolemia dos dez indivíduos em uma **média** de concentração de álcool no sangue para cada hora transcorrida, através de média aritmética.

Tabela 4: Dados sobre a concentração média de álcool no sangue

Tempo (h)	0	1	2	3	4	5	6	7
Concentração média de álcool no sangue (g/l)	0,000	1,112	0,836	0,677	0,453	0,267	0,092	0,026

Considerando as variáveis **tempo** (x) e **concentração média de álcool no sangue** (y), podemos utilizar os dados da tabela 4 para relacioná-los em um gráfico. Os dados disponíveis nessa tabela são discretos, mas como sabemos que a relação entre a concentração de álcool no sangue e o tempo é contínua, devemos determinar uma curva que descreva uma **tendência** da taxa de alcoolemia. Para isso, segundo Bassanezi (2002):

Na impossibilidade de se fazer o ajuste linear com o uso de calculadoras, uma maneira simples, e que pode ser usada pelos alunos de 2º grau [atual ensino médio], é considerar os dados experimentais dispostos num gráfico sobre um papel milimetrado e usar uma régua para traçar, aproximadamente ou no *olhômetro*, a reta ajustada (p. 60, grifo do autor).

Neste caso, devemos determinar duas curvas de tendência neste gráfico: uma para o período de absorção, que segundo as informações vai de 0h até aproximadamente 1h, e outra para o período de eliminação, que se dá a partir do fim da absorção. Na Figura 6, o gráfico de pontos gerado pelos dados da Tabela 4 (pontos) e as curvas de tendência da absorção (reta laranja) e eliminação de álcool no sangue (azul), determinadas por retas próximas a esses pontos estão relacionados.

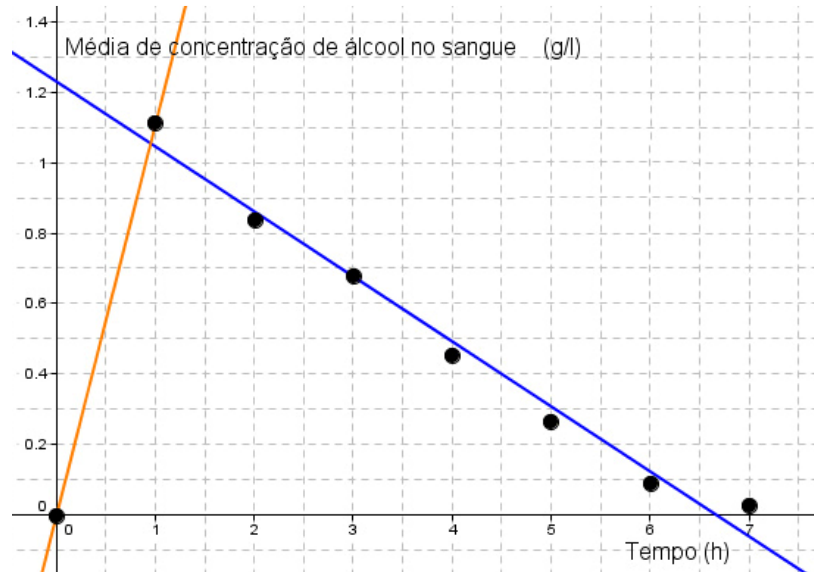


Figura 6: Representação gráfica do ajuste linear dos dados da Tabela 4.

Tomando dois pontos de cada uma das retas traçadas, podemos determinar a função que modela a tendência de absorção e eliminação do álcool. Sejam, por exemplo, os pontos $P_1(3, 0.68)$ e $P_2(5, 0.3)$ pertencentes à reta que representa a eliminação de álcool (em azul). Podemos substituir as coordenadas desses pontos no seguinte sistema:

$$\begin{cases} ax_1 + b = y_1 \\ ax_2 + b = y_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 3a + b = 0,68 \\ 5a + b = 0,3 \end{cases} \quad (i)$$

Resolvendo o sistema (i), encontramos $a = -0,19$ como valor do coeficiente angular da reta, que é a **taxa média de eliminação** de álcool no sangue em g/l/h, e como coeficiente linear $b = 1,25$. Assim, obtemos a seguinte equação que indica a taxa de alcoolemia na etapa de eliminação do álcool:

$$y = -0,19x + 1,25. \quad (ii)$$

Sejam agora os pontos $P_3(0, 0)$ e $P_4(1, 1.112)$ da reta que representa a absorção do álcool (laranja). Substituindo suas coordenadas no sistema de equações, obtemos:

$$\begin{cases} ax_3 + b = y_3 \\ ax_4 + b = y_4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 0a + b = 0 \\ 1a + b = 1,112 \end{cases} \quad (iii)$$

Encontramos para o sistema (iii), $a = 1,112$ como valor do coeficiente angular da reta, que é a **taxa média de absorção** de álcool no sangue em g/l/h, e como coeficiente linear o valor $b = 0$. Assim, obtemos a seguinte equação indica a taxa de alcoolemia na etapa de absorção do álcool:

$$y = 1,112x. \quad (iv)$$

Como percebemos, a concentração de álcool no sangue é modelada por uma **função por partes**. Devemos determinar o **domínio** de cada função, sabendo que a etapa de absorção é compreendida pelo início da ingestão até o pico de alcoolemia e a etapa de eliminação é compreendida pelo pico de alcoolemia até a da total eliminação do álcool no sangue.

Vamos verificar o tempo x de **pico de alcoolemia**. Podemos considerar naquele ponto que ambas as funções possuem o mesmo valor de taxa de alcoolemia y . Desta forma, utilizando as equações (ii) e (iv), temos:

$$1,112x = -0,19x + 1,25 \Rightarrow x \approx 0,96 \text{ horas.} \quad (v)$$

Devemos ainda lembrar que a concentração de álcool no sangue admite apenas valores **não negativos**, pois após a eliminação total do álcool do corpo, o valor dessa concentração passa a ser **zero**. Para isso, temos de determinar qual o primeiro instante x após a eliminação do álcool a sua concentração y é igual à zero. Utilizando a equação (ii) temos:

$$0 = -0,19x + 1,25 \Rightarrow x \approx 6,58 \text{ horas.} \quad (vi)$$

De acordo com os resultados (ii), (iv), (v) e (vi), podemos então considerar como um **modelo de tendência para a concentração de álcool no sangue** em homens que ingerem 0,68 g de álcool para cada kg de massa corpórea, a função por partes:

$$y = \begin{cases} 1,112x, & 0 \leq x \leq 0,96 \\ -0,19x + 1,25, & 0,96 \leq x \leq 6,58 \\ 0, & 6,58 < x \end{cases}, \quad (vii)$$

onde y é a concentração de álcool no sangue em g/l e x é o tempo em horas desde o início da ingestão.

Para validarmos o modelo vamos levar em consideração os seguintes fatos:

1º) A taxa de eliminação de álcool no sangue encontrada foi de 0,19 g/l/h, que condiz com a literatura médica que indica variações entre 0,1 e 0,25 g/l/h;

2º) Os valores da imagem da função y estão todos variando entre os valores dos dados originais da Tabela 3, como mostra a Figura 7.

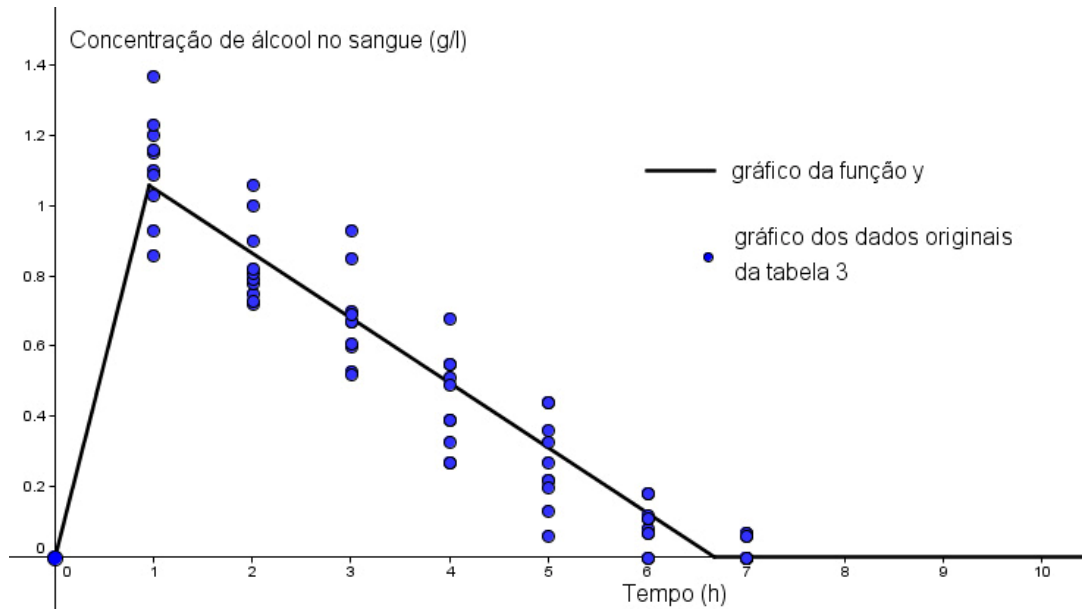


Figura 7: Gráfico da função y de concentração de álcool no sangue e representação gráfica dos dados da Tabela 3.

Observação: aqui buscamos resolver a questão levando em consideração, de acordo com o consenso médico, que o decaimento do álcool no sangue é linear, e para isso, utilizamos uma equação de primeiro grau. Porém, caso não soubéssemos deste detalhe, olhando apenas para os pontos discretos da Figura 6, poderíamos pensar em outras possibilidades de ajustes, como uma curva.

Outra possibilidade de solução:

Se observarmos a disposição dos pontos referentes aos dados da Tabela 4 na Figura 6, podemos utilizar, por exemplo, parte de uma **parábola** a fim de aproximar uma curva da disposição desses pontos, ao invés de uma reta como utilizamos anteriormente.

Notamos, então, que o ponto de coordenadas (7, 0.026) é muito próximo do que podemos considerar o **vértice da parábola** determinada pela **função quadrática** que queremos determinar. Como este ponto não pertence ao eixo das abscissas, podemos considerar que a coordenada x do vértice da parábola é um número um pouco maior.

Traçando imaginariamente uma curva, poderíamos considerar como **vértice** dessa parábola que estamos procurando, o ponto $V(8, 0)$, ou seja, onde $x = 8$ e $y = 0$.

Sabendo que a representação gráfica de uma função quadrática do tipo $y = x^2$ é uma parábola com vértice sobre a origem $O(0, 0)$, vamos modelar a função que tendencia a eliminação de álcool no sangue a partir das transformações sobre essa função, tomando como base uma função quadrática do tipo:

$$y = a(x - b)^2 + c, \quad (viii)$$

onde $a > 0$ comprime ($1 < a$) ou dilata ($0 < a < 1$) a parábola $y = x^2$, b desloca horizontalmente e c desloca verticalmente.

Tomando como referência o vértice $O(0, 0)$ da função $y = x^2$, vamos analisar essas transformações. Queremos que a parábola se mova 8 unidades para a direita para que seu vértice de fato coincida com o ponto $V(8, 0)$, logo temos que $b = 8$. Como não há deslocamento vertical na nossa parábola, temos que $c = 0$. Dessa forma, obtemos:

$$y = (x - 8)^2. \quad (ix)$$

Tais transformações podem ser visualizadas na Figura 8, onde os pontos são a representação gráfica dos dados da Tabela 4:

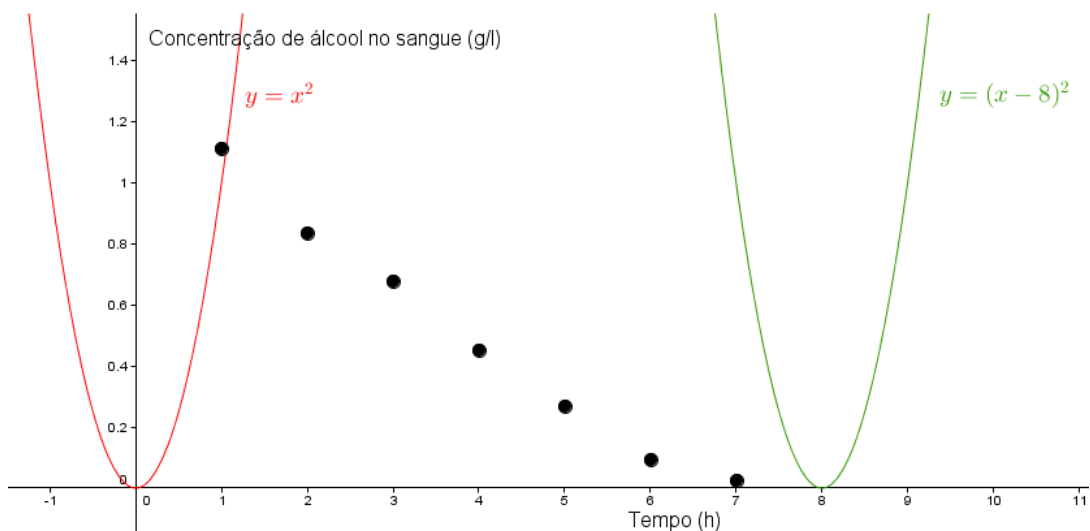


Figura 8: Representação gráfica do processo de ajuste quadrático.

Percebemos que a parábola referente a equação (ix) necessita de uma dilatação, ou seja, sabemos que o valor de a da equação (viii) será $0 < a < 1$. Temos duas maneiras de determinar a : testando alguns valores até que satisfaça a aproximação que queremos (o que não é indicado) ou determinando as coordenadas de um ponto mais distante de V que queremos que pertença a nossa parábola. Ao que parece, um “bom ponto” que pertença a essa parábola é o ponto de coordenadas $(1, 1.112)$, ou seja, com $x = 1$ e $y = 1,112$. Ora, como já temos o segundo ponto que queremos que pertença a parábola, basta substituímos os valores de suas coordenadas na equação (ix) e considerarmos o valor de a que queremos determinar:

$$1,112 = a(1 - 8)^2 \Rightarrow a \approx 0,023. \quad (x)$$

Assim, obtemos a seguinte expressão que pode ser visualizada na Figura 9:

$$y = 0,023(x - 8)^2. \quad (xi)$$

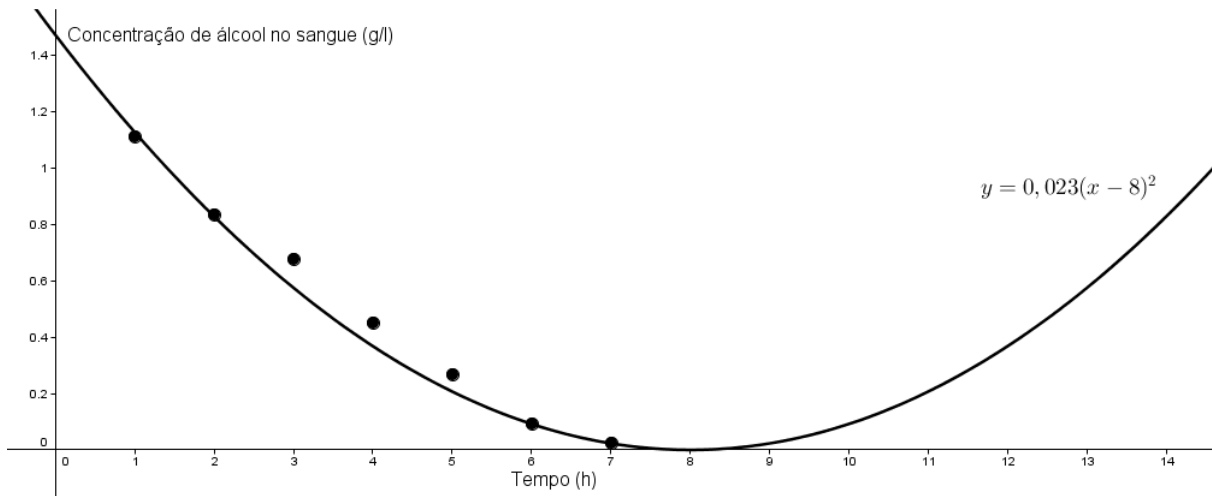


Figura 9: Representação gráfica do ajuste quadrático dos dados da Tabela 4.

Para nossos fins, esse ajuste quadrático é suficiente. Como a equação (xi) se refere a **etapa de eliminação** do álcool, logo a mesma possui domínio $1 \leq x \leq 8$, pois antes de 1 hora ocorre o período de absorção e após as 8 horas a concentração de álcool não pode voltar a subir, como indica a curva, mas sim manter-se zero.

O ponto $(1, 1.112)$ coincide com o pico de alcoolemia. Como o processo de absorção levou em média 1 hora para ocorrer segundo o informado, isso significa que a média de absorção de álcool no sangue foi de 1,112 g/l por hora e dessa forma podemos determinar a seguinte equação que indica a taxa de alcoolemia na **etapa de absorção** do álcool:

$$y = 1,112x. \quad (xii)$$

De acordo com os resultados (xi) e (xii), podemos então considerar como um **modelo de tendência para a concentração de álcool no sangue** em homens que ingerem 0,68 g de álcool para cada kg de massa corpórea, a função por partes:

$$y = \begin{cases} 1,112x, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0,023(x - 8)^2, & 1 \leq x \leq 8 \\ 0, & 8 < x \end{cases} \quad (vii)$$

onde y é a concentração de álcool no sangue em g/l e x é o tempo em horas desde o início da ingestão.

O gráfico desta função pode ser observado na Figura 10:

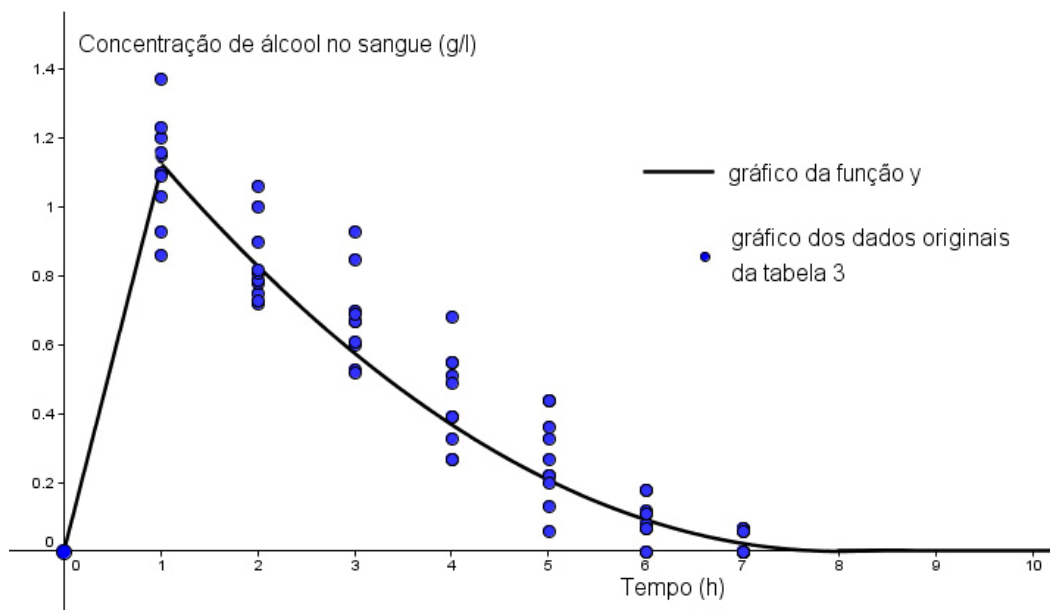


Figura 10: Gráfico da função y de concentração de álcool no sangue e representação gráfica dos dados da Tabela 3.

Desta maneira, também foi possível determinar uma curva de tendência para a alcoolemia na situação descrita inicialmente de modo satisfatório, pois os valores da imagem da função y estão todos variando entre os valores dos dados originais da Tabela 3, como mostram os gráficos da Figura 10.

Se tivéssemos de optar por um melhor modelo entre os dois que foram determinados observando os gráficos das Figuras 7 e 10, o primeiro modelo seria mais adequado no intervalo $x \in [2,4]$ ao compararmos com os dados discretos originais, pois aparenta estar mais

equilibrado que a segunda solução; contudo, a segunda solução aparenta estar mais equilibrada no intervalo $x \in [5,7]$.

Ambos os modelos podem ser aceitos dentro do que esperávamos, e se foi possível determinar qualidades distintas em ambos, provavelmente isso indica que os mesmos podem ser melhorados.

4.2. Almoço com cerveja antes da volta de um feriado

No Rio Grande do Sul, é comum muitas famílias assarem os típicos churrascos aos domingos, em especial quando vão ao litoral durante a época de veraneio ou feriados prolongados. Muitos consomem cerveja juntamente com o almoço e à tarde pegam a estrada de volta para casa.

Numa dessas situações, um rapaz de aproximadamente 31 anos e 70 kg de massa corpórea, consome 1,5 latas de 473 ml de uma cerveja juntamente com um almoço baseado em churrasco, arroz e maionese. O consumo da bebida e da alimentação ocorreu das 13 h às 13 h 40 min.

De acordo com uma reportagem de Matos (2013) no portal G1 em janeiro de 2013, nenhuma quantidade de álcool no sangue é permitida para motoristas testados através de exame de sangue. Via bafômetro, há uma tolerância de no máximo 0,05 mg de álcool por litro de ar expelido, algo em torno de 0,1 g de álcool por litro de sangue. Essa tolerância é dada devido à margem de erro e representa qualquer quantidade de álcool ingerido.

Problema: Determinar qual horário é considerado seguro para que um condutor, nessas condições, possa dirigir sem correr o risco de ser multado.

O homem em questão consumiu aproximadamente 710 ml de cerveja. Vamos começar determinando a **quantidade de álcool ingerido em gramas** por esse condutor com o auxílio da equação (1) e dos dados da Tabela 1:

$$A = \frac{710 \cdot 5,0,8}{100} \Rightarrow A = 28,4 \text{ g de álcool.} \quad (i)$$

- 1) Modelo para a taxa de alcoolemia após um consumo **rápido** de cerveja **sem considerar a ingestão de alimentos**

Com o auxílio da equação (2), vamos determinar um modelo que calcule de forma aproximada a taxa de alcoolemia, sabendo que a massa corporal p é 70 kg, o fator de distribuição r é 0,68, a quantidade de álcool consumida A é 28,4 g e que a taxa de eliminação do álcool β é 0,19 g/l/h (como a que foi determinada em (ii) no problema (4.1)). Desta forma, temos que a concentração de álcool no sangue durante a **etapa de eliminação** do álcool pode ser modelada por:

$$C_t = \frac{A}{pr} - \beta t \Rightarrow C_t = \frac{28,4}{70 \cdot 0,68} - 0,19t \Rightarrow C_t = 0,6 - 0,19t, \quad (ii)$$

onde C_t é a concentração de álcool no sangue em g/l e t é o tempo em horas desde o início da ingestão.

A eliminação total de álcool no sangue ocorrerá, de acordo com a equação (ii) em:

$$0 = 0,6 - 0,19t \Rightarrow t \approx 3,16 \text{ horas.} \quad (iii)$$

Como já vimos, a concentração de álcool no sangue pode ser modelada através de uma função por partes, onde a primeira função modela a taxa de alcoolemia no período de absorção e a segunda modela a taxa de alcoolemia no período de eliminação e que ambas as funções possuem o mesmo valor no momento de pico de alcoolemia, o que determina parte do domínio das funções. Considerando esse consumo como dose única ocorrido num período de 20 min (consumo rápido), podemos considerar um **pico de alcoolemia** ocorrendo cerca de 40 min após o consumo ($t \approx 0,66$ h) (NIAA, 1997). Utilizando a equação (ii), temos que esse pico de alcoolemia equivale a:

$$C_{0,66} = 0,6 - 0,19 \cdot 0,66 \Rightarrow C_{0,66} = 0,475 \text{ g/l.} \quad (iv)$$

Sabemos, a partir da curva de tendência de alcoolemia de Widmark (*apud* DUBOWSKI, 1985) ilustrada na Figura 2, que tanto a etapa de absorção quanto eliminação de álcool do sangue segue uma tendência **linear**. Utilizando uma equação de primeiro grau do tipo $y = ax + b$, podemos determinar a taxa de absorção ou de eliminação de álcool do sangue (esta última pela equação (ii) já sabemos que vale -0,19 g/l/h), lembrando que essas taxas equivalem ao valor do coeficiente angular a dessa equação. Temos que na etapa de

absorção, $b = C_0 = 0$ (início do consumo). De acordo com essas informações e com o resultado de (iv), equivalendo $t = x = 0,66$ e $C_{0,66} = y = 0,475$, determinamos a **taxa de absorção** do álcool como:

$$y = ax + b \Rightarrow 0,475 = 0,66a + 0 \Rightarrow a \approx 0,72 \text{ g/l/h.} \quad (v)$$

De acordo com (v), a cada hora o corpo absorve 0,72 gramas de álcool por litro de sangue, partindo do zero a concentração. Logo, a concentração de álcool no sangue na **etapa de absorção** do álcool pode ser modelada por:

$$C_t = 0,72t. \quad (vi)$$

De acordo com os resultados de (ii), (iii), (iv) e (vi), podemos então considerar como um modelo de tendência para a concentração de álcool no sangue para um homem de 70 kg de massa corpórea que ingeriu 28,4 g de álcool de forma **rápida, sem considerar a alimentação**, a função por partes:

$$C_t = \begin{cases} 0,72t, & 0 \leq t \leq 0,66 \\ 0,6 - 0,19t, & 0,66 \leq t \leq 3,16, \\ 0, & 3,16 < t \end{cases} \quad (vii)$$

onde C_t é a concentração de álcool no sangue em g/l e t é o tempo em horas desde o início da ingestão.

2) Modelo para a taxa de alcoolemia após um consumo **lento** de cerveja **considerando a ingestão de alimentos**

Como vimos no capítulo 3, a absorção do álcool pelo organismo é mais lenta quando há comida no estômago. Refeições que incluem carboidrato, como o arroz e a maionese, e proteínas e gordura, como a carne, fazem com que o álcool seja absorvido pelo organismo até **três vezes mais lentamente** se comparado à absorção de álcool pelo organismo de uma pessoa que consome álcool com o estômago vazio (JONES, 1994 *apud* NIAAA, 1997). Desta forma, temos que a **taxa de absorção** do álcool pelo organismo da pessoa que **almoçou** será, de acordo com com (v), igual à:

$$a = \frac{0,72}{3} \Rightarrow a = 0,24 \text{ g/l/h.} \quad (\text{viii})$$

Logo, a concentração de álcool no sangue na **etapa de absorção** do álcool pode ser modelada por:

$$C_t = 0,24t. \quad (\text{ix})$$

Podemos considerar um consumo de 40 min como sendo **lento**, o que também auxilia na redução de pico de alcoolemia e que altera esse pico para além dos 45 min estipulado para um consumo considerado rápido. Dessa forma, vamos considerar esse pico ocorrendo cerca de 1h após o início do consumo. Assim, de acordo com a equação (ix), o pico de alcoolemia é de:

$$C_1 = 0,24 \cdot 1 \Rightarrow C_1 = 0,24 \text{ g/l.} \quad (\text{x})$$

A **taxa de eliminação** de álcool do sangue **não** é influenciado pelos alimentos, ou seja, continua sendo de $-0,19 \text{ g/h/l}$, uma vez que a maior parte do álcool é metabolizado pelas enzimas presentes no fígado. Sabendo que $C_1 = 0,24 \text{ g/l}$ e que a eliminação de álcool do sangue se dá de forma **linear**, podemos determinar o **coeficiente linear** da equação que modela a taxa de alcoolemia na etapa de eliminação do álcool, a partir de uma equação do tipo $y = ax + b$, sabendo que $t = x = 1$, $C_1 = y = 0,24$ e $a = -0,19$. Assim, temos que:

$$y = ax + b \Rightarrow 0,24 = (-0,19) \cdot 1 + b \Rightarrow b \approx 0,43 \text{ g/l/h.} \quad (\text{xi})$$

Logo, a taxa de alcoolemia na **etapa de eliminação**, pode ser modelada pela equação:

$$C_t = 0,43 - 0,19t, \quad (\text{xii})$$

cuja eliminação total de álcool no sangue ocorre em:

$$0 = 0,43 - 0,19t \Rightarrow t \approx 2,26 \text{ horas.} \quad (\text{xiii})$$

De acordo com os resultados de (ix), (xii) e (xiii), podemos considerar como um modelo de tendência para a concentração de álcool no sangue para um homem de 70 kg de massa corpórea que ingeriu 28,4 g de álcool, **considerando a alimentação** e um consumo **lento**, a função por partes:

$$C_t = \begin{cases} 0,24t, & 0 \leq t \leq 1 \\ 0,43 - 0,19t, & 1 < t \leq 2,26 \\ 0, & 2,26 < t \end{cases} \quad (xiv)$$

onde C_t é a concentração de álcool no sangue em g/l e t é o tempo em horas desde o início da ingestão.

O motorista em questão deverá esperar, de acordo com (xiii), cerca de 2,26 h, ou o equivalente a 2 h e 15 min desde o início do consumo. Para de fato garantir a total eliminação do álcool no sangue, vamos adicionar mais 15 min de tolerância, resultando assim em 2 horas e 30 min. Assim, sabendo que este homem começou a ingestão de álcool e alimentos as 13h, podemos afirmar que o mesmo poderá dirigir a partir das 16 h 10 min, aproximadamente.

Caso o motorista não tivesse ingerido qualquer tipo de alimento, esse intervalo subiria, de acordo com (iii), para 3,16 h, o equivalente a 3 horas e 10 min. Dessa forma, adicionando mais uns 10 min de tolerâncias, ele poderia sair apenas a partir das 17 h.

Os gráficos das funções (vii) e (xiv), podem ser visualizados na Figura 11:

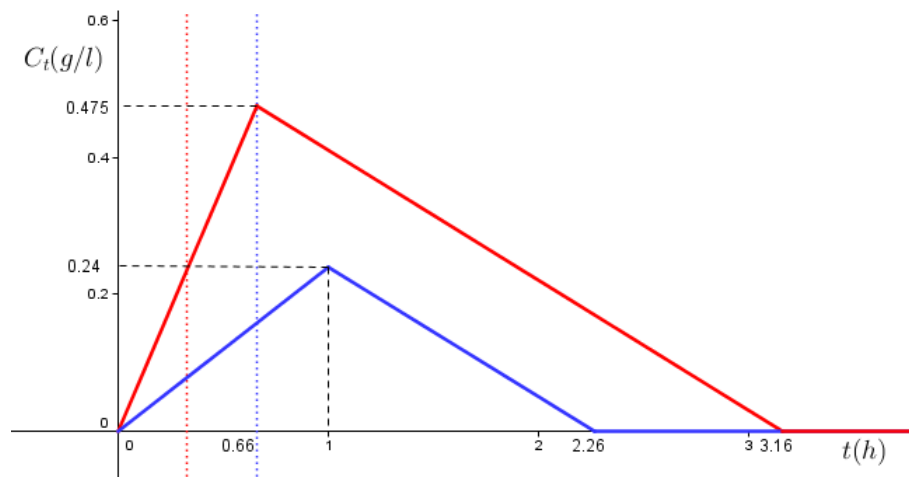


Figura 11: Comparação de concentração de álcool no sangue de um homem de 70 kg que ingere 710 ml de cerveja junto com alimento e sem alimento.

No Figura 11, o gráfico vermelho representa a concentração de álcool no sangue de uma pessoa que não se alimentou (vii) e o fim do período de ingestão da bebida está marcado pela linha vertical pontilhada vermelha. O gráfico azul representa a concentração de álcool no

sangue de uma pessoa que se alimentou com proteínas, carboidratos e gordura durante a ingestão do álcool (xiv) e o fim de consumo da bebida é marcado pela linha vertical pontilhada azul.

4.3. Em uma festa sempre tem bebida

Nas festas que ocorrem em casas noturnas, muitos frequentam em busca de diversão, esquecimento de problemas e paquera. Nestes casos, a maioria dos frequentadores relacionam essas expectativas ao consumo de álcool como facilitador para que isso aconteça.

Uma mulher de 25 anos, 60 kg de massa corpórea, consumiu cerveja, água e uma caipirinha de cachaça na última vez que foi a uma festa, tendo permanido das 23h às 4h do dia seguinte. Ela costuma consumir cada bebida em cerca de 15 a 20 minutos. A mesma não dirige e diz que o que determina o tempo de pausa entre uma bebida e outra, ou um consumo mais lento, é o fato de sentir tontura.

Problema: Determinar uma forma de consumo considerada segura para uma mulher com essas características, levando em consideração as suas preferências de consumo.

A caipirinha é um *drink* obtido através da mistura de bebida destilada, fruta, açúcar e gelo. Seu preparo consiste basicamente em amassar a fruta diretamente no copo, adicionar açúcar e o máximo que puder de gelo. No espaço restante é adicionada a bebida destilada.

Para determinar seu teor alcoólico aproximado, verificamos mediante experimento, que um copo com capacidade para 230 ml, depois de enchido com gelo em cubo, recebe cerca de 100 ml de líquido. Como a maioria das casas noturnas e restaurantes tendem a triturar o gelo em partes menores de forma a ocupar mais o copo com gelo e assim gastar menos bebida alcoólica no *drink*, vamos considerar aqui que um copo de caipirinha de 230 ml recebe então cerca de 85 ml de destilado, ou seja, de acordo com a equação (1) e a Tabela 1, um copo de **caipirinha** possui:

$$A = \frac{85 \cdot 40 \cdot 0,8}{100} \Rightarrow A = 27,2 \text{ g de álcool.} \quad (i)$$

A maioria das casas noturnas trabalha com a venda de cervejas *long neck*, cuja capacidade das garrafas varia entre 250 ml e 355 ml. A marca consumida pela pessoa em

questão produz garrafas de **cerveja long neck** com capacidade de 275 ml. Sendo assim, cada garrafa dessas de cerveja possui:

$$A = \frac{275 \cdot 5 \cdot 0,8}{100} \Rightarrow A = 11 \text{ g de álcool.} \quad (ii)$$

De posse desses dados e da equação (2), podemos modelar a tendência de concentração de álcool no sangue para o consumo de um copo de caipirinha e de uma garrafa de cerveja *long neck* para uma mulher com as características anteriormente descritas.

Observação: consideraremos uma taxa de eliminação β de 0,15 g/l/h, mais baixa do que a registrada pelos homens no problema (4.1) que era de 0,19 g/l/h, devido aos fatos já discutidos anteriormente sobre a diferença de metabolização do álcool entre homens e mulheres.

1) Modelo para concentração de álcool no sangue após a ingestão de um copo de caipirinha:

Utilizando a equação (2) e sabendo que a massa corpórea p é 60 kg, o fator de distribuição r é 0,55 l/kg, a taxa de eliminação de álcool β é de 0,15 g/l/h e de acordo com (i) a quantidade de álcool ingerido A é 27,2 g, para a **etapa de eliminação de álcool** obtemos a seguinte equação de concentração de álcool no sangue:

$$C_t = \frac{A}{pr} - \beta t \Rightarrow C_t = \frac{27,2}{60 \cdot 0,55} - 0,15t \Rightarrow C_t = 0,824 - 0,15t. \quad (iii)$$

Considerando, que o pico de alcoolemia ocorra entre 30 min e 45 min após o início da ingestão, segundo a literatura médica, vamos aqui considerar um pico de alcoolemia ocorrendo por volta dos **39 min** (0,65 h), para fins de facilitação de cálculo. Dessa maneira, utilizando a equação (iii), o **pico de alcoolemia** será de cerca de:

$$C_{0,65} = 0,824 - 0,15 \cdot 0,65 \Rightarrow C_{0,65} \approx 0,727 \text{ g/l,} \quad (iv)$$

Sabendo que em uma equação de primeiro grau a equivale a taxa de absorção do álcool e b é a concentração inicial de álcool no sangue, temos que $b = 0$ e de acordo com (iv), $x = 0,65$ e $y = 0,727$. Logo, a **taxa de absorção** do álcool é:

$$y = ax + b \Rightarrow 0,272 = 0,65a + 0 \Rightarrow a \approx 1,118 \text{ g/l/h.} \quad (v)$$

De acordo com (v), a cada hora o corpo absorve 1,118 g de álcool por litro de sangue, partindo do zero a concentração. Logo, a concentração de álcool no sangue na **etapa de absorção** do álcool pode ser modelada por:

$$C_t = 1,118t. \quad (vi)$$

A concentração de álcool no sangue C_t passa a ser zero após o período de eliminação do álcool no sangue, que ocorre após:

$$0 = 0,824 - 0,15t \Rightarrow t \approx 5,49 \text{ horas.} \quad (vii)$$

De acordo com os resultados de (iii), (vi) e (vii) podemos então considerar como um modelo de tendência para a concentração de álcool no sangue em uma mulher de 60 kg que ingere 230 ml de caipirinha, a função por partes:

$$C_t = \begin{cases} 1,118t, & 0 \leq t \leq 0,65 \\ 0,824 - 0,15t, & 0,65 < t \leq 5,49 \\ 0, & 5,49 < t \end{cases} \quad (viii)$$

onde C_t é a concentração de álcool no sangue em g/l e t é o tempo em horas desde o início da ingestão.

O gráfico da Figura 12 ilustra a concentração de álcool no sangue segundo a função (viii):

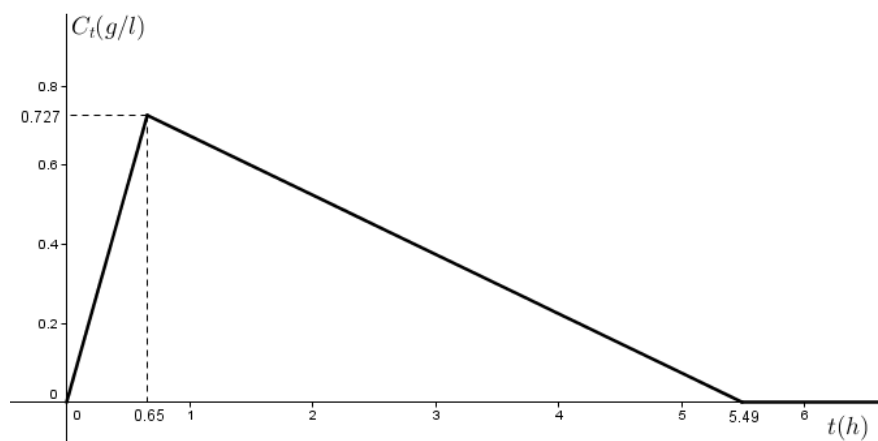


Figura 12: Gráfico de concentração de álcool no sangue de uma mulher de 60 kg após ingerir 230 ml de caipirinha de cachaça.

2) Modelo para concentração de álcool no sangue após a ingestão de uma cerveja *long neck*:

Utilizando a equação (2) e sabendo que a massa corpórea p é 60 kg, o fator de distribuição r é 0,55 l/kg, a taxa de eliminação de álcool β é de 0,15 g/l/h e de acordo com (ii), a quantidade de álcool ingerido A é 11 g, para a **etapa de eliminação de álcool** obtemos a seguinte equação de concentração de álcool no sangue:

$$C_t = \frac{A}{pr} - \beta t \Rightarrow C_t = \frac{11}{60 \cdot 0,55} - 0,15t \Rightarrow C_t = 0,333 - 0,15t. \quad (ix)$$

Considerando também o **pico de alcoolemia** ocorrendo cerca de **39min** (0,65 h) depois do início da ingestão, esta será de:

$$C_{0,65} = 0,333 - 0,15 \cdot 0,65 \Rightarrow C_{0,65} \approx 0,236 \text{ g/l}. \quad (x)$$

Sabendo que inicialmente na etapa de absorção do álcool a concentração é zero, e de acordo com (x) temos que $x = 0,65$ e $y = 0,236$. Logo, a **taxa de absorção** do álcool é:

$$y = ax + b \Rightarrow 0,236 = 0,65a + 0 \Rightarrow a \approx 0,363 \text{ g/l/h}. \quad (xi)$$

De acordo com (xi), a cada hora o corpo absorve 0,363 g de álcool por litro de sangue, partindo do zero a concentração. Logo, a concentração de álcool no sangue na **etapa de absorção** do álcool pode ser modelada por:

$$C_t = 0,363t. \quad (xii)$$

A concentração de álcool no sangue C_t passa a ser zero após o período de eliminação de todo o álcool do sangue, que ocorre, de acordo com (ix) após:

$$0 = 0,333 - 0,15t \Rightarrow t \approx 2,22 \text{ horas}. \quad (xiii)$$

De acordo com os resultados de (ix), (xii) e (xiii) podemos então considerar como um modelo de tendência para a concentração de álcool no sangue em uma mulher de 60 kg que ingere 275 ml de cerveja, a função por partes:

$$C_t = \begin{cases} 0,363t, & 0 \leq t \leq 0,65 \\ 0,333 - 0,15t, & 0,65 < t \leq 2,22, \\ 0, & 2,22 \leq t \end{cases} \quad (xiv)$$

onde C_t é a concentração de álcool no sangue em g/l e t é o tempo em horas desde o início da ingestão.

O gráfico da Figura 13 ilustra a concentração de álcool no sangue nessas condições:

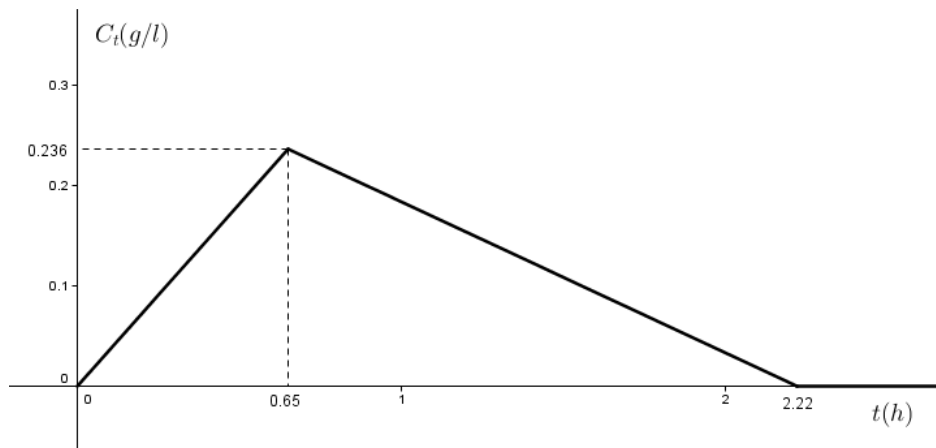


Figura 13: Gráfico de concentração de álcool no sangue de uma mulher de 60 kg após ingerir 275 ml de cerveja.

Claro que durante uma festa a maioria das pessoas não irá consumir uma única dose em uma noite. O desafio agora é determinar o tempo de intervalo entre um consumo e outro de forma que a pessoa não fique prejudicada pelos efeitos que o álcool provoca no Sistema Nervoso Central (HAES, 2010; DUBOWSKI, 2006).

De acordo com os dados da Tabela 2, em que Dubowski (2006) relaciona os sintomas à concentração de álcool no sangue, as expectativas daqueles que vão a uma festa, podem ser alcançados durante o período de **euforia**, que compreende valores de concentração de álcool no sangue entre 0,3 a 1,2 g/l. O período definido como de **excitação**, compreendido por valores entre 0,9 e 2,5 g/l de concentração de álcool no sangue, já podem apresentar risco ao consumidor, uma vez que esse estágio compreende a perda do julgamento crítico e cria uma instabilidade emocional. Sabendo que as mulheres são mais sensíveis aos efeitos do álcool, vamos considerar aqui que durante a ingestão de uma bebida ou outra, a **concentração de álcool no sangue nunca deva ser superior a 0,9 g/l** de forma a tornar o consumo seguro.

Vamos tentar aqui seguir o mesmo padrão de consumo descrito inicialmente pela mulher, começando por uma cerveja no início da festa, seguido por uma caipirinha e no restante do tempo inserir se possível outras doses de cerveja.

O que determinará que a taxa de alcoolemia nunca ultrapasse o limite de segurança será o intervalo mínimo de **tempo** necessário para a ingestão da próxima dose.

Vamos supor, hipoteticamente, que a pessoa em questão ingere o conteúdo de uma garrafa de cerveja *long neck* assim que chega à festa. Logo, a taxa de alcoolemia em função do tempo se dará de acordo como mostrado no gráfico da Figura 13. Como ela consome a cerveja em até 20 min, 1 h depois de chegar à festa ela compra a caipirinha de cachaça e começa a beber. Como em 1 hora o corpo dela ainda não terá eliminado completamente o álcool da cerveja (porque a eliminação total, como vimos em (xiii), se dará após 2,22 h transcorridas) haverá a partir dali um processo que elimina 0,15 g/l/h de álcool da cerveja e por outro um que absorve 1,118 g/l/h de álcool da caipirinha. Como no momento $t = 1$ ela começa a ingerir a caipirinha, a concentração de álcool no sangue naquele momento equivale, segundo a equação (xiv), a:

$$C_1 = 0,333 - 0,15.1 \Rightarrow C_1 = 0,183 \text{ g/l/h.} \quad (xv)$$

Vamos dispor esse dado em uma tabela para analisar o comportamento da taxa de alcoolemia a partir de $t = 1$, levando em consideração intervalos de 20 min ($\approx 0,33$ h). Para isso, temos que transformar a taxa de absorção e a de eliminação do álcool que era referente a 1 h hora, para agora, o equivalente a 20 min. Como ambas as taxas seguem um padrão linear, basta dividirmos ambas por 3, que equivalerá a 1/3 de hora, ou seja, 20 min. Assim, podemos dizer que o corpo elimina 0,05 g/l/20min e absorve 0,373 g/l/20min.

Tabela 5: Concentração de álcool no sangue (g/l)

t (h)	Cálculo	C _t (g/l)
1,00	$C_{1,00} = 0,333 - 0,15.1$	0,183
1,33	$C_{1,00} - 0,05 + 0,373 = 0,183 + 0,323$	0,506
1,66	$C_{1,33} - 0,05 + 0,373 = 0,506 + 0,323$	0,829
2,00	$C_{1,66} - 0,05 = 0,829 - 0,05$	0,779

A escolha de intervalos de 20 min para o cálculo da concentração de álcool no sangue foi proposital para determinar o período de absorção do álcool da caipirinha (área mais escura da Tabela 5); depois desse período de 40 min (ou 0,66 h) o organismo passa a apenas eliminar álcool, já não tem mais o que absorver.

Observação: a taxa de eliminação nunca muda, é constante, sendo que o que varia é o tempo para eliminar totalmente o álcool. Já a taxa de absorção varia, enquanto que o tempo para a absorção se mantêm praticamente estável.

Através dos dados da Tabela 5, obtemos o gráfico da Figura 14, que simula a concentração de álcool no sangue após o consumo da cerveja *long neck* e da caipirinha:

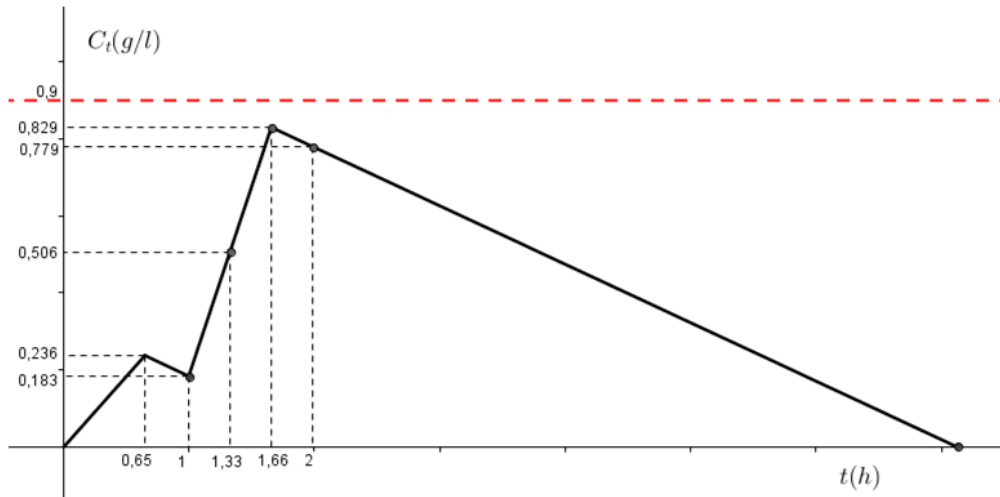


Figura 14: Gráfico de concentração de álcool no sangue de uma mulher de 60 kg após ingerir 275 ml de cerveja em $t=0$ e 230 ml de caipirinha de cachaça em $t=1$.

No nosso caso, a hipótese pode ser aceita, já que o pico de alcoolemia obtido é próximo de 0,9 g/l (limite de segurança estipulado), mas ainda inferior.

Levando em consideração que agora a concentração de álcool no sangue é muito maior por causa da ingestão da caipirinha, quanto será o tempo de intervalo entre o consumo da caipirinha e de outra cerveja?

Pelo gráfico da Figura 14, podemos deduzir que esse intervalo aumente para 1,5 h, ou seja, talvez a cerveja possa ser ingerida no momento $t = 2,5$. Para verificarmos essa hipótese, necessitamos primeiro da equação que calcula a taxa de alcoolemia partir do momento $t = 1,66$, porque este é o momento de pico de alcoolemia, onde o álcool começa a ser eliminado. Para isso, sabendo que a taxa de eliminação do álcool é o coeficiente angular a que é $-0,15$ g/l/h e que, de acordo com a Tabela 5, $C_{1,99} = 0,779$, ou seja, $x = 1,99$ h e $y = 0,779$, podemos obter o coeficiente linear b da seguinte forma:

$$y = ax + b \Rightarrow 0,779 = -0,15 \cdot 1,99 + b \Rightarrow b \approx 1,08 \text{ g/l/h.} \quad (xvi)$$

Assim, obtemos a concentração de álcool no sangue naquele intervalo a partir da equação:

$$C_t = 1,08 - 0,15t. \quad (xvii)$$

Vamos novamente dispor os dados, como a Tabela 5, para verificar nossa hipótese. Porém, de acordo com (xi), ao invés de considerarmos a taxa de absorção do álcool da cerveja como sendo 0,363 g/l/h, a dividiremos por 3 para obter o equivalente a 0,121 g/l/20min.

Tabela 6: Concentração de álcool no sangue (g/l)

t (h)	Cálculo	C _t (g/l)
2,50	$C_{2,50} = 1,08 - 0,15 \cdot 2,50$	0,705
2,83	$C_{2,50} - 0,05 + 0,121 = 0,705 + 0,071$	0,776
3,16	$C_{2,83} - 0,05 + 0,121 = 0,776 + 0,071$	0,847
3,50	$C_{3,16} - 0,05 = 0,847 - 0,05$	0,797

Acrescentando os dados da Tabela 6 ao gráfico da Figura 15, obtemos o gráfico da Figura 11 para a concentração de álcool no sangue C_t em função do tempo t :

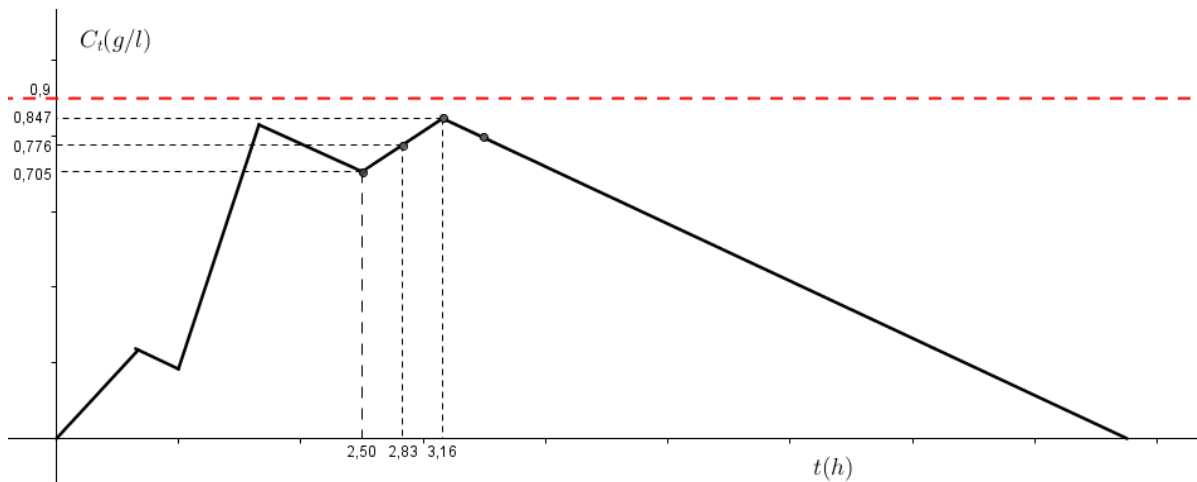


Figura 15: Gráfico de concentração de álcool no sangue de uma mulher de 60 kg após ingerir 275 ml de cerveja em $t=0$ e $t = 2,5$ e de 230 ml de caipirinha de cachaça em $t=1$.

Se considerarmos o horário de chegada às 23 h e saída às 4 h, de acordo com o último gráfico, podemos relacionar o consumo com os seguintes horários: uma cerveja *long neck* às 23h e outra à 1 h 30 min e a caipirinha à meia-noite. Para determinarmos a concentração de álcool no sangue às 4 h da manhã, horário de saída da festa, necessitamos primeiro da equação que calcula a concentração de álcool no sangue a partir de $t = 3,16$, que é o último pico de alcoolemia registrado. Para isso, sabendo que a taxa de eliminação do álcool é uma constante igual à $- 0,15$ g/l/h e que $C_{3,16} = 0,847$, podemos obter o coeficiente linear b :

$$y = ax + b \Rightarrow 0,847 = -0,15.3,16 + b \Rightarrow b \approx 1,32 \text{ g/l/h.} \quad (xviii)$$

Assim, obtemos a concentração de álcool no sangue naquele intervalo a partir da equação:

$$C_t = 1,32 - 0,15t. \quad (xix)$$

De acordo com esse modelo (xix), às 4 h da manhã, isto é, quando $t = 5$, a concentração de álcool no seu sangue será equivalente à:

$$C_5 = 1,32 - 0,15.5 \Rightarrow C_5 = 0,57 \text{ g/l.} \quad (xx)$$

De acordo com a Tabela 2, essa concentração de álcool no sangue leva a pessoa a um estado de **euforia**, de forma a ainda promover a demora no processamento de informações, diminuição da atenção, desinibição e euforia leve, o que pode apresentar algum tipo de risco dependendo da situação.

Respondendo então à pergunta inicial, baseado nos modelos obtidos, um consumo considerado seguro para uma mulher com as características descritas, envolve um consumo de no máximo 2 cervejas *long neck* de 275 ml e uma caipirinha de cachaça de 230 ml. Quanto maior o intervalo de consumo entre uma bebida e outra, melhor para evitar que os picos de alcoolemia fiquem elevados. Neste estudo, foi apontado que o consumo entre a primeira cerveja e a caipirinha deve ser de no mínimo 1 h, e da caipirinha para a segunda cerveja, no mínimo 1 h 30 min devido ao alto teor alcoólico da caipirinha. O consumo de água também é indicado para auxiliar na diminuição da concentração de álcool no sangue. Segundo os registros da literatura médica, um consumo mais lento também auxilia na diminuição dos picos de alcoolemia. Por último, é importante evitar consumir bebidas no final das festas, a fim de que o comportamento chegue o mais próximo do normal nas saídas de festas, uma vez que muitos desentendimentos, brigas e outras situações de risco tendem a aumentar nas madrugadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente trabalho busco apresentar uma vivência de Modelagem Matemática a respeito do tema Álcool, que se fez necessária quando eu, como professora, não pude trabalhar com meus alunos temas como “efeitos de drogas sobre o organismo”, devido a inexperiência em modelagem e a falta de materiais condizentes com o grau de conhecimento dos educandos. Para obter a maior parte dos dados, foi necessário consultar textos da área médica, sendo muito destes, publicações estrangeiras.

Os materiais pesquisados, principalmente artigos disponíveis sobre a farmacologia do álcool e os impactos sobre o organismo, na maioria das vezes apresentam uma matemática mais básica, restrita a dados estatísticos expressos através de percentuais de ocorrência de fenômenos observados em tipos de consumo na população. São muito utilizados nessa área os limites numéricos, que são empregados como critério de classificação de indivíduos: existem inúmeras tabelas de diagnósticos clínicos que são compostas de perguntas a respeito da rotina de consumo de álcool de uma pessoa, a cujas respostas são atribuídas valores ou graus que, de forma global, resultam em um parecer médico. Além disso, existem também classificações em estágios de alcoolismo de um indivíduo em função da quantidade de álcool ingerido (como por exemplo, a Tabela 2).

Em artigos, poucos dados são dispostos através de gráficos do tipo barra ou setorial. Quando envolvem algum tipo de experimento para confirmar ou refutar uma hipótese, a maioria apresenta os dados através de tabelas estatísticas¹⁷. Tabelas como a Tabela 3 apresentada no processo de modelação (4.1), contendo os dados experimentais originais, são raras de serem encontradas em textos e provavelmente podem ser mais facilmente obtidas através de profissionais da área da saúde. Os gráficos gerados por dados experimentais, como os das Figuras 1 e 5, principalmente referentes à concentração de álcool no sangue, são um pouco mais acessíveis, porém, tais gráficos e conseqüentemente suas pesquisas, estão mais ao alcance em publicações estrangeiras devido aos estudos realizados em muitas universidades fora do país; esse volume maior de pesquisas está acessível principalmente em inglês. Muitos dos artigos em português encontrados se restringiram a revisões bibliográficas de pesquisas realizadas fora do Brasil.

Raramente em textos de artigos foram encontrados algum tipo de equação que expressasse algum resultado. Modelos matemáticos da farmacocinética e outros efeitos

¹⁷ Tabelas cujos dados da amostra já estão condensados através de médias e percentuais, perdendo-se assim as informações originais de cada elemento.

puderam ser encontrados com mais facilidade em livros, principalmente estrangeiros que tratam das ciências forenses, mas que, devido à dificuldade de obtenção dos mesmos em bibliotecas ou versões *online*¹⁸, não puderam ser explorados satisfatoriamente neste trabalho.

Como já foi mencionado durante a pesquisa, a modelagem matemática como método científico deixa a desejar no quesito de prever danos em tecidos do corpo atingidos pelo álcool, como o cérebro e o fígado, ou quantificar de alguma forma aceitável as enzimas ou neurônios, por exemplo. Uma possibilidade existente de sintetizar e modelar algum tipo de reação ou resultado pode ser feitos através do que Bassanezi (2002) intitula Modelo Objeto, que se restringe a representações através de desenhos, esquemas e mapas, como mostrado na Figura 4.

De acordo com a pesquisa e a modelagem realizada, pode-se destacar que são utilizados os conhecimentos de: funções, principalmente funções de primeiro grau, e em alguns casos, quadrática e exponencial; ajustes de curvas (de forma intuitiva¹⁹); gráficos de funções, barras e setor; construção de tabelas; média aritmética; porcentagem; aproximação e arredondamento de resultados. Como o conteúdo de funções é fortemente explorado na concentração de álcool no sangue, o tema álcool pode ser trabalhado em turmas do primeiro ano do ensino médio como suporte ao conteúdo específico de funções, principalmente de primeiro grau, ou em seriações posteriores como forma de reforço dos conhecimentos matemáticos citados anteriormente, porém com o foco principal no aprendizado sobre o tema Álcool.

Para o desenvolvimento do trabalho de modelagem na escola, podem-se utilizar *softwares* para a construção dos gráficos, como por exemplo, o GeoGebra²⁰, utilizado neste trabalho. Na impossibilidade de se utilizar mídias digitais, pode-se empregar facilmente o papel milimetrado na construção dos gráficos. A utilização de calculadora, mesmo que seja do tipo padrão, é recomendada a fim de evitar erros de cálculos e de tornar o processo de modelagem ainda mais longo.

Dentre as principais dificuldades que podem ser enfrentadas pelos alunos no processo de Modelagem Matemática sobre a ótica proposta neste trabalho, está a obtenção de informações e dados através de pesquisa, como foi explicado inicialmente. Por isso é

¹⁸ Em alguns casos, foram encontradas versões *online* de alguns livros, contudo, o seu aproveitamento ficava prejudicado devido ao limite de visualização do número de páginas.

¹⁹ Intuitivo, pois não são utilizados métodos científicos para estimação de parâmetros ou ajustes de curvas como “quadrados mínimos”, “coeficiente de correlação de Pearson”, etc.

²⁰ Geogebra é um programa gratuito de matemática dinâmica para o ensino e aprendizagem. Pode ser utilizado em qualquer nível escolar, para um ensino dinâmico de geometria, álgebra, estatística e cálculo. Disponível em: <<http://www.geogebra.org>>

importante que o professor tenha um bom conhecimento sobre o tema para poder auxiliar seus alunos. Caso seja utilizado *software* para a construção de gráficos, também será necessário um período maior de tempo para que os alunos se ambientem com a linguagem utilizada nos programas, porém, certamente o seu uso refletirá em uma maior compreensão e clareza da própria linguagem matemática e dos conceitos envolvidos. A exposição de forma clara, organizada e objetiva da modelagem certamente será uma dificuldade existente entre os alunos, contudo é importante incentivar esse tipo de prática, porque através delas é que se adquirem competências relevantes para a própria vida.

Os resultados aqui obtidos podem ser aproveitados de várias formas dentro de um programa escolar da disciplina de matemática: podem ser elaborados problemas mais simples nas quais o principal objetivo seja a compreensão de um conteúdo específico da disciplina; podem ser utilizados para a apresentação de uma palestra aos alunos cujo principal objetivo é a conscientização sobre o assunto; podem servir como norteador de um trabalho interdisciplinar envolvendo as disciplinas de Matemática, Química e Biologia; podem servir para fomentar debates a respeito do tema e estimular a pesquisa, sob outras perspectivas, do mesmo tema, cujos dados sejam mais fáceis de serem obtidos, como por exemplo, o processo de produção do álcool, álcool e direção, etc.

Enfim, o tema Álcool na perspectiva da Matemática pode tomar diversos rumos, assim como esse tema pode abrir o precedente para o estudo de outros tipos de drogas àqueles que se interessarem. É possível desenvolver trabalhos em sala de aula que possam agregar significados à vida dos educandos, ao mesmo tempo em que tratam conteúdos específicos de uma área de conhecimento. Que finalidade tem a educação, se não para ensinar sobre a vida?

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Lisiane B., GOMES, William B. **Adolescência e as expectativas em relação aos efeitos do álcool**. Psicologia: Reflexão e Crítica. v. 11, nº 1. Porto Alegre, 1998. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/25650>> Acesso em: 14 out. 2013.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Ensino-aprendizagem com modelagem matemática**. São Paulo : Contexto, 2002.

BASSANEZI, Rodney Carlos. **Temas e Modelos**. Campinas : Edição do Autor, 2012. Disponível em: <<http://gradmat.ufabc.edu.br/livros/Temas%20&%20Modelos-%20o%20livro.pdf>> Acesso em: 30 set. 2013.

BIEMBENGUT, Maria Sallet; HEIN, Nelson. **Modelagem matemática no ensino**. 2ª ed. – São Paulo : Contexto, 2002.

BRASIL, Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Introdução aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Vol. 01. Brasília : MEC, 1997a. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>> Acesso em: 15 set. 2013.

BRASIL, Secretaria da Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Temas Transversais - Saúde**. Vol. 10.4. Brasília : MEC, 1997b. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/saude.pdf>> Acesso em: 15 set. 2013.

BRASIL, Secretaria da Educação Básica. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>> Acesso em: 15 set. 2013.

BRASIL, Secretaria Nacional Antidrogas. **I Levantamento nacional sobre os padrões de consumo de álcool na população brasileira**. Brasília : Secretaria Nacional Antidrogas, 2007. Disponível em: <http://bvsmis.saude.gov.br/bvs/publicacoes/relatorio_padroes_consumo_alcool.pdf> Acesso em: 23 out. 2013.

CORRÊA, Cristiana L.; PEDROSO, Rosemary C. **Vantagens e limitações do uso da urina como amostra biológica na dosagem alcoólica**. Revista de Psiquiatria Clínica. v. 27, nº 1. Edição Internet : 2000. Disponível em: <[http://www.hcnet.usp.br/ipq/revista/vol27/n1/artigo27\(22\).htm](http://www.hcnet.usp.br/ipq/revista/vol27/n1/artigo27(22).htm)> Acesso em: 13 nov. 2013.

DUBOWSKI, Kurt M. **Absorption, distribution and elimination of alcohol: highway safety aspects.** Journal of Studies on Alcohol. Supplement n. 10, 1985. p. 98 – 108. Disponível em:

<<http://whydai.com/Police/absorption%20distribution%20elimination%20by%20dubowski.pdf>> Acesso em: 24 out. 2013.

DUBOWSKI, Kurt M. **Estages of acute alcoholic influence/intoxication.** Department of Medicine. The University of Oklahoma, Oklahoma City, 2006. Disponível em: <http://www.borkenstein.org/faculty%20documents/dub_stages.pdf> Acesso em: 24 out. 2013.

FERREIRA, Edilene Cristina; MONTES, Ronaldo. **A química da produção de bebidas alcoólicas.** Química Nova Escola. nº10, 1999. Disponível em: <<http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc10/exper1.pdf>> Acesso em: 10 nov. 2013.

FREZZA, Mario. *et al.* **High blood alcohol levels in women: the role of decreased gastric alcohol dehydrogenase activity and first-pass metabolism.** The New England Journal of Medicine. v. 322, nº 2. Massachusetts Medical Society, 1990. p. 95 – 99. Disponível em: <<http://www.nejm.org/doi/pdf/10.1056/NEJM19901113220205>> Acesso em: 29 out. 2013.

INTERNATIONAL GEOGEBRA INSTITUTE. **GeoGebra.** Versão 4.2.47.0. Áustria, 2013. Disponível em: <<http://www.geogebra.org>> Acesso em: 24 mai. 2013.

GOIÁS, Ministério Público. **Coordenador do CAO Criminal sugere a peritos o uso de Parecer Médico-Legal para constatação de índice de alcoolemia.** 2010. Disponível em: <<http://www.mp.go.gov.br/portalweb/conteudo.jsp?page=7&conteudo=noticia/1c9ddee859b86e3a81fd9f357cca61c7.html>> Acesso em 15 out. 2013.

GULLBERG, Rod G., **Estimating the uncertainty associated with Widmark's equation as commonly applied in forensic toxicology.** Forensic Science International. v. 172, n. 1, 2007. p. 33 – 39. Disponível em: <<http://www.fsijournal.org/article/S0379-0738%2806%2900694-3>> Acesso em: 15 out. 2013.

HAES, Tissiana M. de, et al. **Álcool e sistema nervoso central.** Medicina (Ribeirão Preto. Online). v. 43, n. 2, 2010. p. 153 – 163. Disponível em: <http://revista.fmrp.usp.br/2010/vol43n2/Simp7_%C1lcool%20e%20sistema%20nervoso%20central.pdf> Acesso em 03 nov. 2013.

HECKMANN, Wolfgang; SILVEIRA, Camila Magalhães. **Dependência do álcool: aspectos clínicos e diagnósticos.** In: Andrade AG, Anthony JC, Silveira CM. **Álcool e suas**

consequências: uma abordagem multiconceitual. Barueri (SP): Minha Editora; 2009. p. 67-87. Disponível em: <<http://www.cisa.org.br/UserFiles/File/alcoolesuasconsequencias-pt-cap3.pdf>> Acesso em 30 set. 2013.

JULIÃO, Alessandra Maria. **Redução de danos para o álcool.** In: NIEL, Marcelo; SILVEIRA, Dartiu Xavier da. Drogas e redução de danos: uma cartilha para profissionais da saúde. Programa de Orientação e Atendimento a Dependentes (PROAD). Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP). Ministério da Saúde. São Paulo, 2008. p. 35 – 51. Acesso em 30 set. 2013. Disponível em: <www.researchgate.net/publication/230824010_Drogas_e_reduo_de_danos_uma_cartilha_para_profissionais_de_sade/file/79e41509165f4641c3.pdf#page=35> Acesso em: 30 set. 2013.

MATOS, Vitor. “**Não pode beber nada**”, diz ministro sobre a regulamentação da Lei Seca. G1, Brasília, 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/politica/noticia/2013/01/nao-pode-beber-nada-diz-ministro-sobre-regulamentacao-da-lei-seca.html>> Acesso em: 17 nov. 2013.

MINCIS, Moysés; MINCIS, Ricardo. **Álcool e Fígado.** In: DANI, Renato. & CASTRO, Luis de Paula. Gastroenterologia Clínica. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. p. 152 – 162. Disponível em: <<http://files.bvs.br/upload/S/0101-7772/2011/v30n4/a3598.pdf>> Acesso: 30 set. 2013.

NIAAA - NATIONAL INSTITUTE OF ALCOHOL ABUSE AND ALCOOLISM. **Alcohol alert: alcohol metabolism.** n. 35, PH 371. Bethesda, MD: the Institute, 1997. Disponível em: <<http://pubs.niaaa.nih.gov/publications/aa35.htm>> Acesso em: 30 out. 2013.

PECHANSKY, Flavio; SZOBOT, Cláudia Maciel; SCIVOLETTO, Sandra. **Uso de álcool entre adolescentes: conceitos, características epidemiológicas e fatores etiopatogênicos.** Revista Brasileira de Psiquiatria. v. 26, suppl. 1. São Paulo, 2004. p. 14 – 17. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-44462004000500005&script=sci_arttext> Acesso em: 05 out. 2013.

ROBERTS, C.; ROBINSON, S. P. **Alcohol concentration and carbonation of drinks: the effect on blood alcohol levels.** Journal of Forensic and Legal Medicine. v. 14, 2007. p. 398 – 405. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1752928X06003003>> Acesso em: 06 out. 2013.

VARELLA, Drauzio. **Benefícios do álcool.** Dr. Drauzio, s.d. Disponível em: <<http://drauziovarella.com.br/dependencia-quimica/alcoolismo/beneficios-do-alcool/>> Acesso em: 19 nov. 2013.

Verbetes de dicionário:

FARMACOCINÉTICA. In: Dicionário Médico. s.d. Disponível em: <<http://www.dicionariomedico.com/farmacocin%C3%A9tica.html>> Acesso em: 10 nov. 2013.

METABOLISMO de primeira passagem. In: Dicionário Médico. s.d. Disponível em: <http://www.dicionariomedico.com/metabolismo_de_primeira_passagem.html> Acesso em: 10 nov. 2013.

PSICOTRÓPICA. In: Dicionário Médico. s.d. Disponível em: <<http://www.dicionariomedico.com/psicotr%C3%B3pico.html>> Acesso em: 10 nov. 2013.