

O48a Oliveira, Mailson Silva de

Análise do Ensino da Bioquímica nas Escolas  
Públicas de Ensino Médio da Cidade de Patos – PB  
/ Mailson Silva de Oliveira. Patos: UEPB, 2010  
87f.

Monografia (TRABALHO Acadêmico Orientado –  
(TAO) - Universidade Estadual da Paraíba.  
Orientador: prof.Msc. Rosimary Ramos de Oliveira  
Mendonça

1. Bioquímica 2. Química dos Alimentos I. Título  
II. Mendonça, Rosimary Ramos de Oliveira

CDD 572



Universidade Estadual da Paraíba  
Campus VII - Patos  
Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicadas  
Curso de Licenciatura em Ciências Exatas

### ATA DE DEFESA DE TCC

Aos Quinze dias do mês de dezembro do ano de 2010, às 9:35 horas, no laboratório de Informática, do Campus VII da Universidade Estadual da Paraíba, ocorreu a apresentação de Trabalho de Conclusão de Curso, requisito da disciplina TCC, do(a) aluno(a)

Maílson Silva de Oliveira

tendo como tema "Análise do ensino da Bioquímica nas escolas públicas" de ensino

Constituíram a Banca Examinadora os professores: Médio da cidade de Patos - PB

Professor(a) MS. Rosimary Ramos de Oliveira Mendonça (Orientador(a)),

Professor(a) MS. Francisco Dantas Ferreira Filho (Examinador(a)),

Professor(a) MS. Everton Vieira da Silva (Examinador(a)).

Após a apresentação e as observações dos membros da banca avaliadora, definiu-se que o trabalho foi Aprovado, com nota 9,5 (note, Cinco).

Eu, Rosimary Ramos de Oliveira Mendonça, Professor(a) - Orientador(a), lavrei a presente ata que segue assinada por mim e pelos demais membros da Banca Examinadora.

Rosimary Ramos de Oliveira Mendonça  
PROFESSOR(A) - NOME COMPLETO - ORIENTADOR(A)

Francisco Dantas Ferreira Filho  
PROFESSOR(A) - NOME COMPLETO - EXAMINADOR

Everton Vieira da Silva  
PROFESSOR(A) - NOME COMPLETO - EXAMINADOR



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E SOCIAIS APLICADAS**  
**CAMPUS VII – GOVERNADOR ANTÔNIO MARIZ**  
**LICENCIATURA EM CIÊNCIAS EXATAS**

**MAÍLSON SILVA DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE DO ENSINO DA BIOQUÍMICA NAS ESCOLAS PÚBLICAS**  
**DE ENSINO MÉDIO DA CIDADE DE PATOS-PB**

**Patos-PB**  
**2010**

**MAÍLSON SILVA DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE DO ENSINO DA BIOQUÍMICA NAS ESCOLAS PÚBLICAS  
DE ENSINO MÉDIO DA CIDADE DE PATOS-PB**

Trabalho de conclusão de Curso (TCC) apresentado ao Curso de Licenciatura em Ciências Exatas da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) Campus VII- Gov. Antônio Mariz, como parte dos requisitos para obtenção do título de licenciado em Ciências Exatas, com habilitação em Química

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. MSc. Rosimary Ramos de Oliveira Mendonça

Patos-PB  
2010

**MAÍLSON SILVA DE OLIVEIRA**

**ANÁLISE DO ENSINO DA BIOQUÍMICA NAS ESCOLAS PÚBLICAS  
DE ENSINO MÉDIO DA CIDADE DE PATOS-PB**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, APROVADO EM \_\_\_\_ DE \_\_\_\_ 2010

NOTA: \_\_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Prof.<sup>ª</sup>. MSc. Rosimary Ramos de Oliveira Mendonça**  
Orientadora  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

---

**Prof. MSc. Francisco Dantas Ferreira Filho**  
Examinador  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

---

**Prof. Everton Vieira da Silva**  
Examinador  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Dedico este trabalho com todo carinho e amor a minha mãe Maria Maura, ao meu pai Adilson de Oliveira, ao meu irmão Adilson Júnior e a minha querida namorada Joyce Figueirêdo, que foram as principais fontes de inspiração para a realização deste.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada;

Agradeço a minha mãe Maria Maura e ao meu pai Adilson de Oliveira, que mim deram o dom da vida e o aprendizado necessário para enfrentar todos os obstáculos encontrados durante a vida;

A minha namorada Joyce Figueirêdo, uma pessoa muito especial na minha vida que em todos os momentos mim deu apoio, me incentivou, me encorajou e que de coração esteve do meu lado nos momentos em que eu mais precisei;

Ao meu irmão Adilson Júnior, minhas tias Márcia, Lourdinha, Abilene e Rubilene, as minhas avós dona Beatriz e dona Francisca, aos meus avôs seu Pedro e seu Francisco, e a minha sogra dona Lucinha;

Aos meus colegas e amigos da faculdade Hugo, Ari Antônio, José Bruno, Aldelan, Francimar, Diego, Luciana, Laura, Luciano e Marcelo e aos meus amigos de treino Marcos, Diogenes e Netinho;

Aos meus amigos da biblioteca da UEPB Alexandre, Kleber e Kepler;

Agradeço também ao coordenador Prof. Dr. Pedro Carlos de Assis Júnior, a secretária Ana Lúcia Bizerra de Brito e a Prof<sup>a</sup> MSc. Rochane Villarim de Almeida;

E por fim agradeço a minha orientadora Prof<sup>a</sup>. MSc. Rosimary Ramos de Oliveira Mendonça que me ajudou e soube me conduzir durante o desenvolvimento deste trabalho.

“Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer”.

Albert Einstein  
Aos Estudantes de Princeton, EUA

## RESUMO

Este presente trabalho faz uma análise de como esta sendo trabalhado o tema bioquímica nas escolas públicas de ensino médio da cidade de Patos-PB. Para isso foram escolhidas seis escolas da rede estadual de ensino. Esta pesquisa procurou verificar os conhecimentos dos alunos do 3º ano do ensino médio sobre o tema bioquímica e a importância que estes alunos dão a este tema. Esta pesquisa foi realizada entre os meses de outubro e novembro do ano de 2010, a partir de um questionário contendo 18 questões, que trata sobre as diversas partes da bioquímica, dando ênfase principalmente as macromoléculas e aos alimentos que possuem estas macromoléculas, no qual propôs uma análise qualitativa e quantitativa deste tema. Através dos resultados observamos que o conhecimento dos alunos sobre assunto bioquímica é ainda razoável, no qual ainda precisa ser aprimorado através da capacitação dos professores, fazendo com que os professores saibam relacionar diretamente este tema com o cotidiano dos alunos e da adoção de livros didáticos de química que trate o assunto de bioquímica de uma forma ampla e facilitadora, fazendo uma ligação direta com a alimentação e com a saúde.

**Palavras chave:** Bioquímica, ensino médio, questionário.

## ABSTRACT

The present study provides an analysis of how the issue is being worked biochemistry in public schools medium teaching in the city of Patos-PB. For that six schools were chosen from state schools. This study aimed to investigate students' knowledge of the 3rd year of medium teaching on the subject of biochemistry and the importance that these students gave to this subject. This survey was conducted between October and November of 2010, from a questionnaire containing 18 questions, which discusses the various parts of biochemistry, mainly emphasizing the macromolecules and foods that have these macromolecules, in which he proposed a qualitative and quantitative analysis of this issue. Through the results we observed that the students' knowledge of subject biochemistry is still reasonable, which still needs to be improved by training the teachers, so that teachers know the subject directly relate to the daily life of students and the adoption of textbooks chemistry that addresses the issue of Biochemical and facilitating a board making a direct connection with food and health.

**Keywords:** Biochemistry, medium teaching, questionnaire.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estruturas de alguns carboidratos (estruturas em cunha e traço e projeção de Fischer).....	22
Figura 2. Estrutura da molécula da D-glicose, sob a fórmula de Haworth.....	22
Figura 3. Fórmulas estruturais do gliceraldeído e da diidroxicetona.....	25
Figura 4. Fórmulas estruturais da D-gliceraldeído e L-gliceraldeído.....	26
Figura 5. Formação das estruturas cíclicas da D-glicose.....	27
Figura 6. Estrutura da $\alpha$ -D-glicopiranosose e $\beta$ -D-glicopiranosose em projeções de Fischer e Haworth.....	28
Figura 7. Conformação em cadeira da $\alpha$ -D-Glicopiranosose e da $\alpha$ -D-Galactopiranosose.....	28
Figura 8. Oxidação da D-glicose em ácido D-glicônico (ácido aldônico).....	29
Figura 9. Ligação glicosídica entre monossacarídeos formando a maltose.....	29
Figura 10. Fórmula estrutural da sacarose.....	31
Figura 11. Fórmula estrutural da maltose.....	31
Figura 12. Fórmula estrutural da lactose.....	32
Figura 13. Molécula do amido na forma de amilopectina.....	33
Figura 14. Molécula da celulose.....	34
Figura 15. Contagem no sentido inverso de uma cadeia, determinando o carbono $\omega$ .....	39
Figura 16. Reação de esterificação.....	40
Figura 17. Fórmula estrutural de um triacilglicerídeo.....	41
Figura 18. Reação de saponificação.....	42
Figura 19. Estrutura molecular de um esfingolípido.....	45
Figura 20. Fórmula estrutural do $\beta$ -caroteno.....	47
Figura 21. Fórmula estrutural da vitamina A.....	47
Figura 22. Esqueleto estrutural da prostaglandina.....	48
Figura 23. Fórmula estrutural do colesterol.....	49
Figura 24. Estrutura geral dos aminoácidos.....	55
Figura 25. Fórmulas estruturais dos 20 aminoácidos encontrados em proteínas.....	56
Figura 26. Reação de formação de uma ligação peptídica.....	58
Figura 27. Formas das estruturas da $\alpha$ -hélice e $\beta$ pregueada.....	60

Figura 28. Estrutura terciária final da mioglobina.....	61
Figura 29. Mapa da cidade de Patos-PB.....	64
Figura 30. Sexo dos alunos entrevistados.....	69
Figura 31. Faixa etária dos alunos entrevistados.....	70
Figura 32. Você gosta da disciplina de química.....	70
Figura 33. Sobre o tema bioquímica, você.....	71
Figura 34. O seu professor de química aborda o tema bioquímica.....	72
Figura 35. O livro que você utiliza na escola, aborda o tema bioquímica.....	72
Figura 36. Você acha importante o ensino da bioquímica.....	73
Figura 37. Você acha importante que o tema bioquímica, seja abordado no vestibular?.	73
Figura 38. O seu professor de química relaciona o tema bioquímica com o tema saúde..	74
Figura 39. Qual o principal elemento químico, que constituem as biomoléculas.....	75
Figura 40. Qual a principal função dos carboidratos para os seres vivos.....	75
Figura 41. Alimentos fontes de carboidratos.....	76
Figura 42. Qual a principal função orgânica presente nos triacilgliceróis.....	77
Figura 43. Todos os lipídios são nocivos a saúde.....	77
Figura 44. Alimentos fontes de lipídios.....	78
Figura 45. Quais as principais funções orgânicas presentes nos aminoácidos.....	79
Figura 46. Alimentos fontes de proteínas.....	79

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Porque estudar Bioquímica: Sua importância e suas aplicações.....	21
Tabela 2. Concentração de fibras alimentares insolúveis e de fibras alimentar solúveis em hortaliças.....	35
Tabela 3. Principais ácidos graxos saturados com suas nomenclaturas e suas fórmulas moleculares.....	39
Tabela 4. Principais ácidos graxos insaturados com suas nomenclaturas e suas fórmulas moleculares.....	39
Tabela 5. Composição de ácidos graxos saturados e insaturados de alimentos comuns..	43
Tabela 6. Proteínas conjugadas.....	51
Tabela 7. Propriedades das proteínas e suas funções afetadas.....	52
Tabela 8. Recomendações nutricionais diárias de proteínas para indivíduos em diferentes faixas etárias e sexo.....	54
Tabela 9. Valores de pKa e ponto isoelétrico para 20 aminoácidos comumente encontrados em proteínas.....	57
Tabela 10. Alguns tipos comuns de enzimas.....	62

## LISTA DE SIGLAS

DCQEM – Diretrizes Curriculares de Química Para o Ensino Médio

DNA – Ácido Desoxirribonucléico

HDL – Lipoproteínas de Alta Intensidade

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry

LDL – Lipoproteína de Baixa Intensidade

OMS – Organização Mundial da Saúde

PCNEM – Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio

## LISTA DE SÍMBOLOS

$\alpha$  – Alfa

$\beta$  – Beta

$\Delta$  – Delta

$\omega$  – Ômega

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>17</b>
1.1. O ensino de química .....	17
1.2. Bioquímica .....	19
1.3. Carboidratos.....	21
1.3.1. Monossacarídeos .....	24
1.3.2. Oligossacarídeos.....	30
1.3.3. Polissacarídeos .....	32
1.4. Lipídios .....	35
1.4.1. Ácidos graxos .....	36
1.4.2. Acilgliceróis .....	40
1.4.3. Fosfoglicerídeos.....	43
1.4.4. Esfingolipídios.....	44
1.4.5. Ceras.....	45
1.4.6. Terpenos.....	46
1.4.7. Prostaglandinas.....	48
1.4.8. Esteróides .....	48
1.5. Proteínas .....	50
1.5.1. Aminoácidos.....	54
1.5.2. Peptídios .....	58
1.5.3. Estrutura das proteínas .....	59
1.5.4. Enzimas .....	61
<b>CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO</b> .....	<b>64</b>
2.1. Especificidade da área de estudo .....	64
2.2. Caracterização das escolas pesquisadas .....	64
2.2.1. E.E.E.F.M. Dom Fernando Gomes .....	65
2.2.2. E. E. E. F. M. Monsenhor Manuel Vieira .....	65
2.2.3. E. E. E. F. M. Auzanir Lacerda .....	65
2.2.4. E. E. E. F. M. Dr. Dionísio da Costa .....	65
2.2.5. E. E. E. F. M. Antonia Araújo .....	66

<b>2.2.6. Escola Normal Estadual Dom Expedito de Oliveira .....</b>	<b>66</b>
<b>CAPÍTULO III – METODOLOGIA .....</b>	<b>67</b>
<b>3.1. Tipo de Pesquisa.....</b>	<b>67</b>
<b>3.2. Participantes do Estudo .....</b>	<b>67</b>
<b>3.3. Método e Coleta de dados .....</b>	<b>67</b>
<b>3.4. Local e Período .....</b>	<b>67</b>
<b>3.5. Análise dos dados .....</b>	<b>68</b>
<b>CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>69</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>80</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>82</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>85</b>
<b>Anexo A – Questionário aplicado ao aluno .....</b>	<b>86</b>

## INTRODUÇÃO

Atualmente as pessoas possuem uma grande preocupação com uma alimentação saudável e com as reações que ocorrem dentro dos organismos vivos, devido a todas estas preocupações, foi criada uma ciência e esta ciência é chamada atualmente de bioquímica.

A bioquímica representa uma ciência interdisciplinar, porque faz uma ligação direta entre as ciências biológicas e as ciências químicas e também representa uma ciência com um amplo aspecto social e experimental (FRANCISCO JR; FRANCISCO, 2006). Esta ciência possui um importante papel na alimentação humana, devido ela estudar as macromoléculas que estão presentes nos alimentos como os carboidratos, os lipídios e as proteínas, porque é através do estudo destas macromoléculas que os seres humanos conseguem elaborar uma boa dieta para a manutenção das funções vitais do organismo, evitando o estado de doença.

Diante da importância desta ciência, este trabalho tem como principal função analisar o ensino da bioquímica em algumas escolas públicas da cidade de Patos-PB, se esta ciência esta sendo ministrada de maneira correta e eficiente e se esta ciência está proporcionando uma melhor qualidade de vida aos alunos, por que segundo Santos e Schnetzler (1996) em pesquisa realizada com professores de Química, estes professores afirmaram que a bioquímica está entre os dos dez temas da química que pode ser abordada socialmente.

Portanto este presente trabalho tem por finalidade discutir alguns aspectos relevantes sobre a bioquímica, principalmente sobre as três biomoléculas contidas nos alimentos (carboidratos, proteínas e lipídios) e analisar o ensino da bioquímica nas escolas públicas de ensino médio da cidade de Patos-PB, através de uma pesquisa realizada com alunos do 3º ano do ensino médio, das Escolas Estaduais de Ensino Fundamental e Médio Dom Fernando Gomes, Monsenhor Manuel Vieira, Auzanir Lacerda, Dr. Dionísio da Costa, Antonia Araújo e da Escola Normal Estadual Dom Expedito de Oliveira.

Os objetivos específicos a serem abordados neste trabalho são os seguintes: i) verificar se o conteúdo de bioquímica é abordado pelo docente; ii) verificar qual a importância do tema bioquímica para os discentes; iii) analisar o conhecimento dos discentes sobre o tema bioquímica iv) verificar se o docente relaciona os temas bioquímica com os temas saúde e alimentação.

Este trabalho organiza-se da seguinte forma: referencial teórico, onde é abordado de uma forma ampla a importância e o ensino da bioquímica e as três macromoléculas que fazem parte da bioquímica e que estão contidas nos alimentos (carboidratos, lipídios e proteínas); descrição das escolas pesquisadas; procedimentos metodológicos, onde são apresentados as

técnicas e os instrumentos utilizados na pesquisa; resultados e discussões, onde são apresentados os resultados da pesquisa e a discussão sobre o determinado dado apresentado e as considerações finais, onde é feita uma análise de toda a pesquisa seguido de contribuições para a melhoria do ensino deste tema nas escolas públicas da cidade de Patos-PB.

## CAPÍTULO I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 1.1. O ensino de química

A química é uma ciência de extrema importância para a sociedade, porque ela participa diretamente do desenvolvimento científico e tecnológico, oferecendo uma ampla contribuição para estas áreas, melhorando com isso a qualidade de vida da sociedade contemporânea.

Segundo as Diretrizes Curriculares de Química Para o Ensino Médio (DCQEM) do estado do Paraná (2008), o ensino da química teve origem na Europa, em meados do século XVII, quando foi considerada uma ciência, que surgiu devido o aperfeiçoamento de algumas técnicas utilizadas principalmente na alquimia e na iatroquímica. Neste mesmo século foram criados também em várias partes da Europa alguns órgãos que solidificaram a química como uma ciência, onde também foi solidificado o seu ensino. Os principais órgãos criados nesse século foram a Academie de Sciences em Paris e em Berlim e a Royal Society em Londres, onde tinha como integrante o filósofo natural Robert Boyle. Depois da criação destes órgãos, surgiram vários cientistas que se interessaram por esta nova ciência, consolidando mais ainda a química como uma ciência, dentre estes cientistas, os que mais se destacaram foram, Antonie Laurent Lavoisier que escreveu *Traité Elementaire de Chimie* (Tratado Elementar da Química), Bertholet, Gay-Lussac, Henry Perkins e John Dalton.

A primeira vez que a química se efetivou como disciplina do currículo escolar, foi na França durante o governo da Napoleão no ano de 1853, sendo já incluída no ensino primário através do ministro Victor Hugo e esta ciência tinha como finalidade explicar aos jovens instruções básicas como correção dos solos e tintura de tecidos. No Brasil a química surgiu como disciplina do currículo escolar no ano de 1862, sendo introduzida como disciplina intermediária do ensino secundário e no ano de 1875 foi publicado no Brasil o primeiro livro didático de Química, no qual tratava sobre a abordagem desta nova disciplina no ensino secundário. No ano de 1931 esta disciplina passou a ser ministrada de maneira regular no ensino secundário, tendo como principais objetivos, despertar o conhecimento científico dos alunos e fazer com que o aluno relacionasse o conhecimento da química com o seu dia a dia (DCQEM; 2008).

Atualmente no Brasil o ensino de química é regido pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) onde estes parâmetros tentam aperfeiçoar o ensino e a aprendizagem desta disciplina, estipulando algumas competências e habilidades a serem desenvolvidas em Química pelos docentes, onde estas competências e habilidades devam

estar relacionadas com os conteúdos a serem desenvolvidos pelo professor em sala de aula e que esteja compatível com desenvolvimento do conhecimento dos alunos (PCNEM, 1999).

As competências e habilidades que os PCNEM (1999) destacam para o ensino de química são:

- Representação e Comunicação, onde o professor deve descrever, compreender e traduzir uma linguagem ou formas químicas, além de identificar os materiais (livro, computador, jornal, manual etc) que abordem de maneira ampla o conhecimento da química;
- Investigação e compreensão, onde o professor deva compreender conceitos químicos, fatos químicos e dados quantitativos, reconhecer relações ou investigações químicas, selecionar procedimentos científicos e desenvolver um pensamento acerca das transformações químicas e
- Contextualização sócio-cultural, onde o professor também deva reconhecer aspectos da química com o meio ambiente, com o ser humano, com a cultura, política e sociedade, além de reconhecer os limites éticos e morais do desenvolvimento da química com a tecnologia.

No Brasil e no mundo o ensino da química passou a exercer um papel importante para o cidadão, porque este ensino fez com que o cidadão passasse a utilizar de forma correta as substâncias do seu dia-a-dia, além de se posicionarem criticamente em relação aos efeitos causados ao meio ambiente pela a utilização de produtos químicos, buscando soluções para estes problemas (SANTOS; SCHNETZLER, 2003). O ensino da química também é muito importante na área da saúde, porque o ensino desta disciplina faz com os alunos tenham conhecimento prévio sobre a formação e a utilização de alguns remédios e sobre alimentação, fazendo com que os alunos tenham conhecimento dos alimentos, elaborando uma dieta saudável, evitando com isso o aparecimento de algumas doenças, contribuindo com a melhoria da qualidade de vida.

Para Newbold (1987, p. 155) “atualmente a química é a chave para a maior parte das grandes preocupações das quais depende o futuro da humanidade, sejam elas: energia, poluição, recursos naturais, saúde ou população”.

A química é dividida em várias áreas, tendo como principais a termoquímica, a Físico – Química, química inorgânica, química ambiental, química analítica, química orgânica e Bioquímica, sendo esta última a área da química que estuda os alimentos através das moléculas de proteínas, carboidratos, lipídios e vitaminas, fazendo uma ligação da química com a saúde e com a biologia.

## 1.2. Bioquímica

A bioquímica é o ramo da ciência que faz uma ligação entre duas grandes áreas do conhecimento a Química e a Biologia. A bioquímica estuda a composição, a estrutura e as transformações das substâncias envolvidas na constituição e no funcionamento dos seres vivos. Os elementos químicos que em geral participam das moléculas de tais substâncias são: carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio, que são os elementos essenciais dos compostos orgânicos, além de outros elementos químicos importantes para o funcionamento celular como o enxofre, fósforo, ferro, cálcio, sódio, potássio, cloro, magnésio, bromo, iodo, flúor, entre outros elementos (FERREIRA et al., 2005).

As moléculas envolvidas nos processos biológicos são chamadas de macromoléculas, devido elas serem maiores e mais complexas do que as outras moléculas orgânicas. (FERREIRA et al., 2005). Estas macromoléculas também são chamadas de substâncias bioorgânicas ou biomoléculas, porque elas são encontradas nos organismos biológicos. Segundo Bruice (2006, p. 335) “Uma das razões de as estruturas das substâncias bioorgânicas serem mais complexas é que elas precisam ser capazes de reconhecer umas às outras, função denominada reconhecimento molecular”.

As primeiras pesquisas científicas sobre a composição dos seres vivos, vieram através dos cientistas Lavoisier e Priestly (final do século XVIII), Pasteur, Liebig e Bernard (século XIX). Outro cientista que contribuiu com as pesquisas sobre a composição dos seres vivos foi Emil Fischer, que no início do século XIX, estabeleceu a estrutura de alguns carboidratos, separou aminoácidos de hidrolisados de proteínas, reconheceu a configuração óptica dos carboidratos e aminoácidos e propôs os conceitos de “chave e fechadura” para explicar a ação enzimática. Fischer foi também o primeiro cientista a estudar a topografia das macromoléculas (biomoléculas) e o fenômeno da vida, sendo assim, considerado um dos nomes mais importantes para o surgimento da bioquímica moderna (WHITE; HANDLER; SMITH, 1986).

Mas foi em 1903 que o termo ‘bioquímica’ foi introduzido e o cientista que introduziu este termo foi o químico alemão Carl Neuberg. Antes desta ciência receber o nome de bioquímica ela era chamada por diversos nomes, onde os mais conhecidos eram química fisiológica e química biológica (VIEIRA, 2003).

Depois da introdução do termo bioquímica (1903), esta ciência não parou de evoluir, tendo como principais países de evolução alguns países europeus, como Alemanha, Inglaterra, França e Itália e os Estados Unidos, que segundo Vieira (2003, p. 2)

Após 1920, os Estados Unidos tiveram uma participação decisiva para o crescimento desta nova ciência com a descoberta, isolamento, síntese e descrição do mecanismo de regulação biológica de incontáveis compostos bioquímicos com a utilização de isótopos radiativos como marcadores. Desde 1950, a bioquímica têm-se tornado, cada vez mais, uma das ciências que mais crescem no campo do conhecimento humano tendo papel decisivo na elucidação do mecanismo fisiológico e patológico de regulação de vários compostos bioquímicos de fundamental importância para a saúde do ser humano.

As principais moléculas que fazem parte da bioquímica (biomoléculas) são: carboidratos, lipídios, proteínas (que são formadas por aminoácidos), enzimas e ácidos nucleicos. Além dessas biomoléculas os seres vivos também são formados por outras substâncias, que estão presentes em pequenas quantidades, como as vitaminas e os sais minerais. Nestas biomoléculas, a química dos seres vivos estuda suas formas, suas funções biológicas, suas participações nos processos celulares e seus metabolismos (FERREIRA et al., 2005).

Como a química dos seres vivos também trata do metabolismo das biomoléculas, Marzzoco e Torres (2007) diz que o metabolismo pode ser dividido em catabolismo e anabolismo, onde o catabolismo é o conjunto de transformações que as substâncias sofrem no meio interno para suprir o organismo de energia e o anabolismo é o conjunto de transformações que as substâncias sofrem no meio interno para renovar suas moléculas, garantindo com estes dois procedimentos um bom equilíbrio para os organismo. Entre as principais reações químicas, encontradas nestes processos bioquímicos, as que mais se destacam são: reação de substituição nucleofílica, eliminação, adição, oxidação e redução.

As biomoléculas são organizadas através do elemento químico carbono, este elemento representa mais da metade do peso seco de uma célula e também se liga aos outros elementos (hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e outros) através de ligações covalentes. O carbono também tem a propriedade de se ligar a ele mesmo formando uma ou mais ligações químicas (ligações simples, duplas ou triplas), nas quais são muito estáveis. Os átomos de carbonos ligados através de ligações covalentes podem formar cadeias lineares, ramificadas ou cíclicas (NELSON; COX, 2002).

A bioquímica é uma ciência interdisciplinar com uma importância fundamental na vida dos seres vivos, tendo aplicabilidade em diversas áreas, como a medicina e ciências da saúde, indústrias farmacêuticas, alimentar e química (RIEGEL, 2002), mas mesmo assim muitas pessoas ainda se perguntam para que estudar bioquímica? E qual à importância do estudo da bioquímica? Sendo assim, a tabela 1 mostra a importância da bioquímica e as suas aplicações nos dias de hoje.

**Tabela 1:** Porque estudar Bioquímica: Sua importância e suas aplicações

<b>Tema</b>	<b>Conteúdo</b>
Metabolismo intermediário	Identificação dos diferentes tipos de substâncias constituintes dos alimentos e suas transformações no meio interno.
Bioenergética	Modo como o organismo obtém, armazena e utiliza a energia necessária às suas atividades.
Renovação estrutural	Modo como se processa continuamente a renovação químico-molecular do organismo, acompanhando a síntese e a degradação das substâncias no nível celular.
Homeostasia	Regulação do equilíbrio entre o meio interno e externo com emprego de enzimas, vitaminas e hormônios.
Biologia molecular	Continuidade da vida (reprodução, transmissão e expressão das informações genéticas)
Dieta	Manutenção da saúde através do suprimento de compostos essenciais, prevenção e controle de doenças.
Exames laboratoriais	Evidenciação, avaliação e interpretação das alterações do metabolismo através de exames de sangue, urina, etc.
Antropologia	Análise bioquímica de fragmentos fósseis e estudo molecular da evolução humana (hemoglobina).
Medicina forense	Estudo da fertilização assistida, disputas de paternidade (DNA); análise de fragmentos humanos para elucidação de crimes.
Funções específicas	Contração muscular, condução dos impulsos nervosos, permeabilidade das membranas.

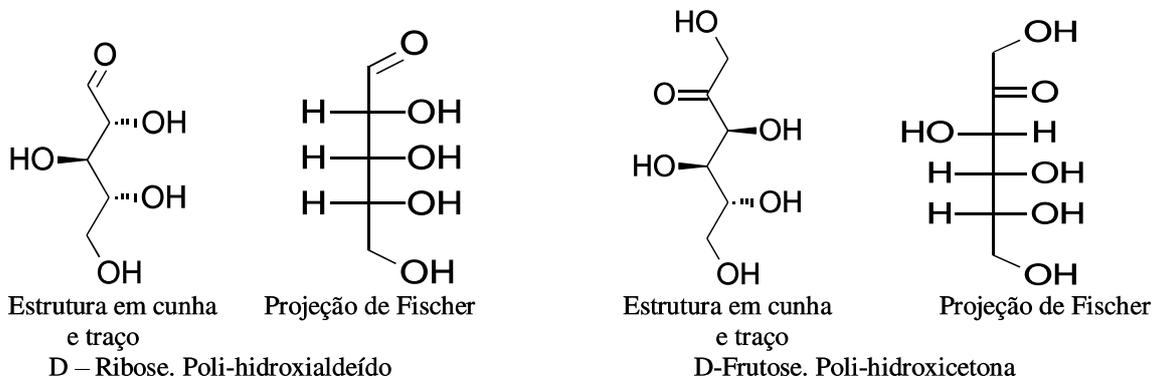
Fonte: Ferreira et al., 2005

### 1.3. Carboidratos

Os carboidratos são as biomoléculas mais abundantes na face da terra, formadas fundamentalmente por carbono, hidrogênio e oxigênio, na sua forma mais simples sua fórmula geral é  $C_nH_{2n}O_n$ . Quimicamente são polihidroxi-aldeídos ou polidroxí-cetonas ou substâncias que liberam esses compostos por hidrólise, ou seja, compostos orgânicos com pelo menos três carbonos, onde todos os carbonos possuem uma hidroxila com exceção de um que possui uma carbonila primária (grupo aldeídico) ou carbonila secundária (grupo cetônico). Alguns carboidratos também possuem em suas moléculas átomos de nitrogênio, fósforo ou enxofre (NELSON; COX, 2002). Em geral os carboidratos são sólidos brancos, pouco solúveis em solventes orgânicos, mas existem alguns tipos de carboidratos, como os polissacarídeos que são solúveis em água. Eles também são passíveis de

modificações químicas e bioquímicas, facilitando o melhoramento de suas propriedades e ampliando suas aplicações (MARZZOCO; TORRES, 2007).

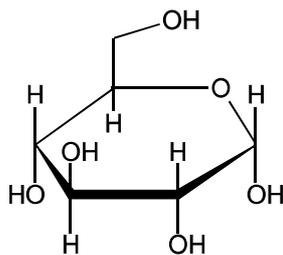
Os carboidratos também são chamados de sacarídeos, glicídios, oses, hidratos de carbono ou açúcares. O nome carboidrato foi devido os primeiros cientistas, que observaram que estas moléculas tinham fórmulas parecidas com hidratos de carbono. Mas outros cientistas através de vários estudos e com determinadas estruturas revelaram que estas substâncias não eram hidratos, por que elas não continham moléculas de água intactas, mas mesmo depois destes estudos o termo carboidrato ainda esta presente nos dias de hoje. As estruturas químicas dos carboidratos são representadas frequentemente por duas estruturas: estrutura em cunha e traço e por projeções de Fischer (figura 1) (BRUICE, 2006).



**Figura 1:** Estruturas de alguns carboidratos (estruturas em cunha e traço e projeção de Fischer).

**Fonte:** BRUICE, 2006.

O carboidrato mais abundante na natureza é a D-glicose (figura 2). Este carboidrato possui em sua molécula seis átomos de carbono, doze átomos de hidrogênio e seis átomos de oxigênio ( $C_6H_{12}O_6$ ). A D-glicose está presente na oxidação das células vivas, na qual fornece energia. Quando os animais estão com excesso de D-glicose no organismo, este excesso de D-glicose é convertido em glicogênio, um outro tipo de carboidrato, que serve como reserva de energia e quando os animais estão precisando de energia este glicogênio é quebrado em várias moléculas de D-glicose. E este mesmo processo de armazenagem de D-glicose, acontece com as plantas, só que nas plantas o excesso de D-glicose é convertido em outro carboidrato, denominado amido (BRUICE, 2006).



**Figura 2:** Estrutura da molécula da D-glicose, sob a fórmula de Haworth

**Fonte:** VIEIRA, 2003.

Os animais, na grande maioria, obtêm a glicose através das plantas. E as plantas produzem a glicose através da fotossíntese (equação 1), que é o processo pelo qual a planta com ajuda da luz solar converte gás carbônico e água em glicose, liberando gás oxigênio (BRUICE, 2006).



Os carboidratos possuem várias funções de extrema importância para os seres vivos, como destaca Cuppari (2005):

- Energética: fontes primárias de produção de energia, onde as ligações destas macromoléculas são ricas em energia, na qual são degradadas sempre que as células precisam de energia para as reações químicas, sendo esta considerada a função primordial dos carboidratos.
- Síntese: como fonte de átomos de carbono para a síntese de outros compostos celulares. Atuando também com um outro tipo de proteína, as enzimas;
- Prevenção protéica: a proteína, que também é uma biomolécula, representa um papel importantíssimo na manutenção, no reparo e no crescimento dos tecidos corporais, podendo inclusive ser fonte de energia alimentar e quando as reservas de glicogênio estão reduzidas o corpo humano passa a utilizar as proteínas como fonte de energia, ocasionando com isso uma redução significativa na massa muscular e
- Estrutural: constituindo a parede celular dos vegetais.

Além dos carboidratos exercerem estas funções citadas anteriormente, alguns polímeros de carboidratos agem também como lubrificantes das articulações esqueléticas. Existem também polímeros mais complexos de carboidratos que se ligam covalentemente a lipídios e proteínas, agindo com sinais onde determinam a localização intracelular ou o destino metabólico dessas moléculas híbridas, denominados glicoconjugados (glicoproteínas e glicolipídios) e sendo distribuídos em todos os seres vivos, mais notadamente entre os seres eucariontes (NELSON; COX, 2002).

Segundo Damodaran, Parkin e Fenema (2010, p. 76) “Os carboidratos são componentes freqüentes dos alimentos, podendo tanto ser compostos naturais como adicionados como ingredientes”. Os principais alimentos fontes de carboidratos são: milho, mandioca, batata doce, aveia, arroz, macarrão, pão, frutas em geral, leite e seus derivados, mel, entre outras fontes. A Organização Mundial da Saúde (OMS) aconselha como ingestão mínima cerca de 50g a 100 g de carboidratos por dia, para indivíduos com 70 quilogramas,

garantindo assim um suprimento de glicose sangüínea (glicemia) de maneira estável, que é em torno de 80 – 120mg/dl, evitando com isso a hipoglicemia (taxa de glicose no sangue abaixo da normal, caracterizada por vários sintomas, como tonturas, fraqueza muscular, fome, sonolência, podendo atingir o coma e a morte) e a hiperglicemia (aumento da taxa de glicose no sangue, caracterizada pela ausência ou produção insuficiente de insulina) e evitando também a utilização de quantidades excessivas ou a carência de carboidratos (CUPPARI, 2005).

A ingestão de quantidades excessivas de carboidratos pode ocasionar diversas patologias, como a obesidade e distúrbios intestinais devido às bactérias que produzem uma grande quantidade de gases, com comprometimentos patológicos diversos. E também a carência de carboidratos na alimentação pode trazer grandes danos à saúde humana, como a utilização de outras biomoléculas (proteínas e lipídios) para a produção de energia ocasionando a produção de dejetos metabólicos danosos ao organismo (CUPPARI, 2005).

De acordo com a sua quantidade de monômeros, ou seja, de acordo com o seu tamanho, os carboidratos se classificam em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos. Os monossacarídeos são os tipos de carboidratos mais simples e possuem fórmula geral  $C_n(H_2O)_n$ . Os monossacarídeos são classificados de acordo com a quantidade de átomos de carbono que contém, podendo ser, trioses, tetroses, pentoses e hexoses. Os oligossacarídeos são compostos formados por unidades monossacarídicas unidas entre si por ligações chamadas de ligações glicosídicas. Os polissacarídeos são formados a partir da combinação de vários monômeros de hexoses, tendo sua fórmula geral  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , na qual também possuem um alto peso molecular (ROBERTS; HIB, 2006).

### **1.3.1. Monossacarídeos**

Os monossacarídeos constituem uma única unidade de aldeídos ou cetonas polihidroxiladas, se dividindo em aldoses ou cetoses. A terminação ose indica que a substância é um carboidrato. Os prefixos ald e cet indicam a natureza da função da carbonila, que podem ser aldeído ou cetona respectivamente. Os prefixos ald e cet são acompanhados também de um infixo que podem ser tri, tetra, penta, hexa, etc, dependendo da quantidade de átomos de carbono presente na molécula. Obtendo-se assim, o nome de um determinado monossacarídeo, como por exemplo, a aldose com seis átomos de carbono em sua molécula), aldopentose (aldose com cinco átomos de carbono em sua molécula) e cetoexose

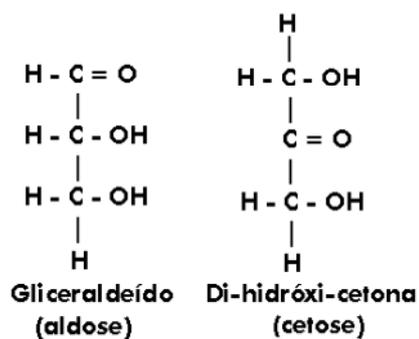
(cetose com seis átomos de carbono em sua molécula), que são mais conhecidos como glicose, ribose e frutose, respectivamente (BARBOSA, 2004).

Os monossacarídeos não podem ser hidrolisados a compostos mais simples, por isso que este tipo de carboidrato, também é chamado de carboidrato simples. Eles se encontram livremente ou compondo as moléculas de oligossacarídeos ou polissacarídeos. Esses carboidratos são incolores, solúveis em meio aquoso, formam sólidos cristalinos e possuem sabor adocicado (ARAÚJO et al., 2009).

Segundo CUPPARI (2005) a OMS aconselha que este tipo de carboidrato seja ingerido pelos seres humanos em menor quantidade, devido eles possuírem uma absorção rápida pelo organismo humano, ocasionando altos picos do hormônio insulina contribuindo para o aparecimento de algumas doenças como a diabete e obesidade, dando preferência aos carboidratos complexos (polissacarídeos), porque este tipo de carboidrato, diferentemente dos monossacarídeos, tem uma lenta absorção pelo nosso organismo, fazendo com que o hormônio insulina seja liberado de forma moderada.

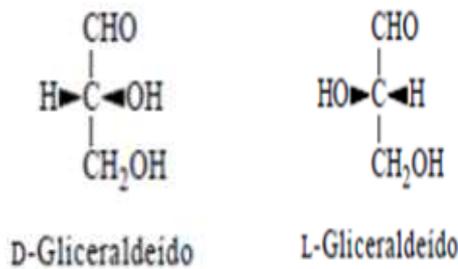
Os monossacarídeos mais importantes são as pentoses, que possuem fórmula molecular  $C_5H_{10}O_5$  e as hexoses, que possuem fórmula molecular  $C_6H_{12}O_6$ . As principais pentoses são a xilose (presente na madeira e nas sementes de algodão), a ribose e a arabinose (unidade formadora das gomas) e as principais hexoses são a glicose (encontrada em frutas, milho, xarope de milho, mel, etc.), frutose (isômero da glicose, encontrada junto com a glicose) e a galactose (produzida a partir da lactose, açúcar do leite, pela hidrólise no processo digestivo) (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

A menor aldose é o gliceraldeído, que é uma triose, chamada de aldotriose e a menor cetose é a diidroxiacetona, que também é uma triose, chamada de cetotriose (figura 3) (WHITE; HANDLER; SMITH, 1986).



**Figura 3:** Fórmulas estruturais do gliceraldeído e da diidroxacetona  
**Fonte:** WHITE; HANDLER; SMITH, 1986

O gliceraldeído possui em sua molécula um carbono assimétrico, ou seja, o gliceraldeído possui em sua molécula um átomo de carbono, que tem quatro átomos ou radicais diferentes entre si, ligados a ele, formando um par de enantiômeros (figura 4). Já a diidroxiketona, ela não possui um carbono assimétrico em sua molécula.



**Figura 4:** Fórmulas estruturais da D-gliceraldeído e L-gliceraldeído

Fonte: BRUICE, 2006.

As aldoses com quatro átomos de carbono, possuem dois átomos de carbono quiral, portanto possuem quatro estereoisômeros (dois pares de enantiômeros) as pentoses possuem três átomos de carbono quiral, possuindo portanto, oito estereoisômeros (quatro pares de enantiômeros) e as hexoses possuem quatro átomos de carbono quiral em sua molécula, possuindo, dezesseis estereoisômeros (oito pares de enantiômeros). As cetoses possuem um carbono quiral a menos que uma aldose com o mesmo número de átomos de carbonos em sua molécula, possuindo, portanto a metade dos estereoisômeros de uma aldose com o mesmo número de átomos de carbono (DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010).

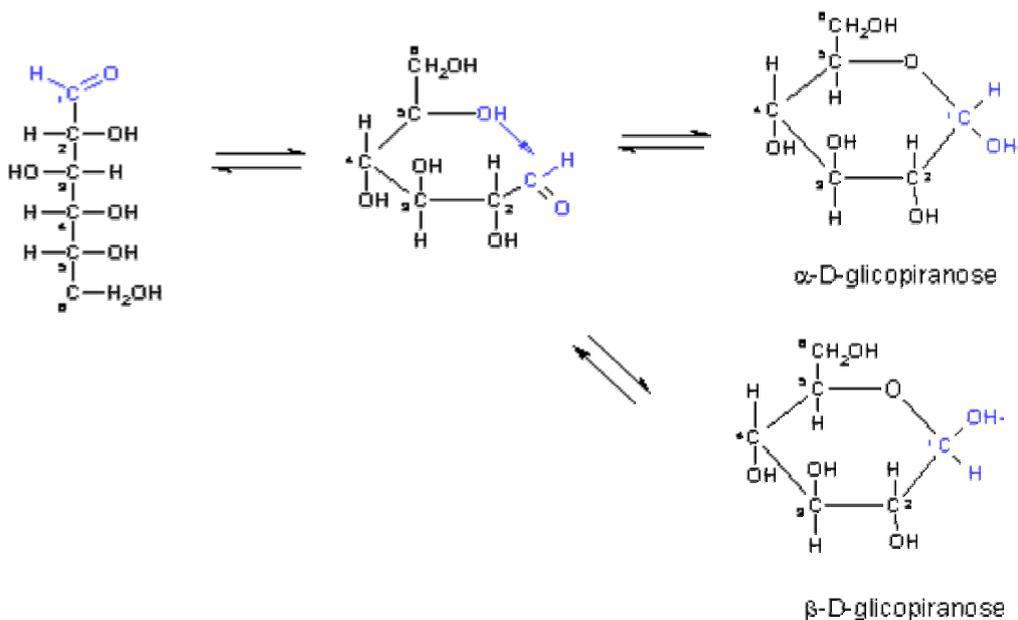
O gliceraldeído ou qualquer outra molécula de monossacarídeo, que tenha um ou mais carbono quiral, recebem a denominação D ou L, sendo chamados de D quando o grupo OH ligado ao primeiro carbono assimétrico, de cima para baixo, estiver do lado direito deste carbono e sendo chamados de L, quando esta hidroxila (OH) estiver do lado esquerdo deste mesmo carbono. A forma de monossacarídeo mais abundante na natureza é a forma D, no entanto, estas duas formas, desempenham importantes funções bioquímicas.

Em relação ao grande número de isômeros que os monossacarídeos possuem, Vieira (2003, p. 71) afirma que

Este grande número de isômeros leva a ocorrência de uma mistura racêmica quando os carboidratos encontram-se dissolvidos em água. Entretanto, o equilíbrio tende para a forma mais estável que é obtida por uma reação intramolecular que ocorre entre a carbonila do grupamento funcional com uma das muitas hidroxilas da molécula, formando um composto cíclico denominado hemiacetal.

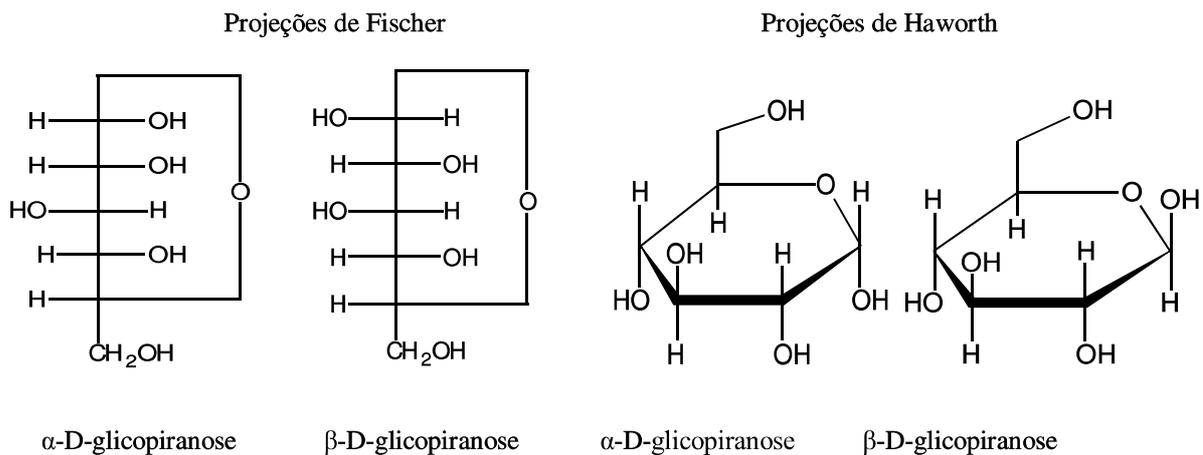
Este hemiacetal, no caso de aldoses ou hemiacetal, no caso de cetoses, formado pelos monossacarídeos tem uma forma cíclica. Esta formação cíclica dos monossacarídeos ocorre devido à grande diferença de eletronegatividade do oxigênio e dos átomos de carbono e hidrogênio da molécula e devido a esta diferença de eletronegatividade, os átomos de carbono e de hidrogênio recebem parcialmente uma carga elétrica positiva e os átomos de oxigênio recebem parcialmente uma carga negativa. Geralmente a estrutura cíclica formada apresenta anel de cinco ou seis membros. Estes monossacarídeos na forma de anéis, podem ser chamados de piranoses (anéis de cinco membros) e furanoses (anéis de seis membros), devido as semelhanças com os solventes orgânicos pirano e furano. Com a formação de um hemiacetal surgiu também duas formas cíclicas diferentes, porque o carbono carbonílico da cadeia torna-se um novo carbono assimétrico, na qual se o grupo OH ligado a este novo carbono assimétrico estiver à direita, o hemiacetal é alfa ( $\alpha$ ) e se estiver à esquerda, o hemiacetal é beta ( $\beta$ ), mas isso para as projeções de Fischer, em outro tipo de projeção como a projeção de Haworth, será um hemiacetal  $\alpha$ , quando o grupo OH ligado ao novo carbono assimétrico, estiver para baixo e será um hemiacetal  $\beta$  quando o grupo OH ligado a este mesmo carbono, estiver para cima (BRUCE, 2006).

Um exemplo da formação de um hemiacetal, é a D-glicose, que em solução encontra-se sob este tipo de estrutura, devido a hidroxila livre do carbono 5 (cinco) reagir com o carbono 1(um) da função aldeído, produzindo também, os dois estereoisômeros,  $\alpha$  e  $\beta$  (figura 5)



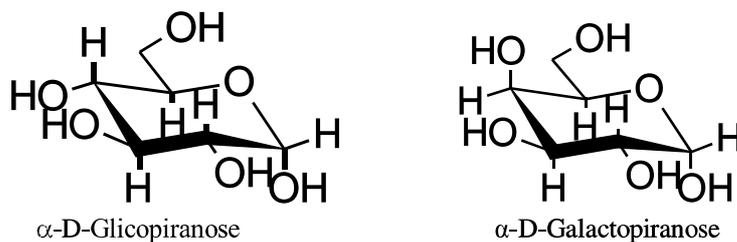
**Figura 5:** Formação das estruturas cíclicas da D-glicose  
**Fonte:** NELSON, COX, 2002.

As aldoses e as cetoses, com cinco ou seis átomos de carbono, estão mais presentes na natureza através das formas cíclicas e estas formas cíclicas são melhor representadas pela projeção de Haworth do que pelas projeções de Fischer. A figura 6 mostra a estrutura da  $\alpha$ -D-glicopiranosose e  $\beta$ -D-glicopiranosose em projeções de Fischer e em projeções de Haworth. Segundo Bruice (2006, p. 348) “A  $\alpha$ -D-glicopiranosose e  $\beta$ -D-glicopiranosose são denominados anômeros. Anômeros são dois carbonos que diferem somente na configuração do carbono, que foi o carbono carbonílico na forma de cadeia aberta”.



**Figura 6:** Estrutura da  $\alpha$ -D-glicopiranosose e  $\beta$ -D-glicopiranosose em projeções de Fischer e Haworth  
**Fonte:** BRUICE, 2006.

Os monossacarídeos com seis átomos de carbono, ainda podem ser representados por outro tipo de conformação, as chamadas conformações tridimensionais ou conformação em cadeira (figura 7). Este tipo de conformação é importante na determinação das propriedades biológicas e das funções de alguns polissacarídeos (DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010).



**Figura 7:** Conformação em cadeira da  $\alpha$ -D-Glicopiranosose e da  $\alpha$ -D-Galactopiranosose  
**Fonte:** BARBOSA, 2004.

Como os monossacarídeos contêm, os grupos funcionais, álcool, aldeído e cetona, eles podem sofrer várias reações químicas, como por exemplo, as aldoses podem se oxidar a ácidos aldônicos, pela oxidação do grupo aldeído a um grupo carboxil/carboxilato, através da adição de um agente oxidante como o  $\text{Br}_2$  (figura 8), um hidrogênio pode ser adicionado a uma ligação dupla destes carboidratos, ocorrendo uma hidrogenação, um átomo de carbono da porção final oposta à cadeia carbônica do grupo aldeído de um monossacarídeo pode ocorrer



exemplo, o ácido D-glicurônico e o ácido L-iurônico que são ácidos de extrema importância para os mamíferos. Os aminoaçúcares, componentes das glicoproteínas e glicolipídios, são formados quando o grupo hidroxila (OH) do carbono 2 dos monossacarídeos é substituído por um grupo amino, tendo como exemplos, a D-glicosamina, a D-galactosamina e um tipo de ácido siálico o N-acetilneuramínico (cetose com nove átomos de carbono). Os desoxiaçúcares são formados quando uma hidroxila (grupo OH) é substituído por um hidrogênio (H), tendo como exemplos, a L-fucose (formado a partir da D-manose por reações de redução) e a 2-D-desoxiribose. A L-fucose faz parte das glicoproteínas e a 2-D-desoxiribose um componente do Ácido Desoxirribonucléico (DNA).

### 1.3.2. Oligossacarídeos

Os oligossacarídeos são constituídos de cadeias contendo unidades de monossacarídeos, podendo variar de duas a dez unidades de monossacarídeos, unidas entre si através de ligações glicosídicas. Este tipo de carboidrato é também chamado de carboidrato complexo. Os dissacarídeos são oligossacarídeos que contêm duas unidades de monossacarídeos e é o tipo de oligossacarídeos mais simples. Os compostos que possuem três, quatro, cinco, seis, sete, oito, nove e dez unidades de monossacarídeos são chamados de trissacarídeos, tetrassacarídeos, pentassacarídeos, hexassacarídeos, heptassacarídeos, octassacarídeos, nonassacarídeos e decassacarídeos respectivamente. A maioria dos oligossacarídeos são obtidos artificialmente, mas também podem ser obtidos por hidrólise de polissacarídeos (DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010).

Os dissacarídeos, sacarose ( $\alpha$ -D-glucopiranosil- $\beta$ -D-frutofuranose), maltose ( $\alpha$ -D-glucopiranosil-D-glucopiranosil) e a lactose ( $\beta$ -galactopiranosil-D-glucopiranosil), constituem os três principais tipos de oligossacarídeos (WHITE; HANDLER; SMITH, 1986).

A sacarose ou açúcar da cana ou ainda açúcar de mesa (figura 10), como é mais conhecido, é obtido através de vários vegetais e frutas como, o pêssego, beterraba, melão, cenoura ou cana-de-açúcar. Este dissacarídeo forma soluções altamente concentradas com alta osmolalidade e tem função crioprotetora em alimentos. Este dissacarídeo é muito utilizado na indústria de alimentos para produzir sorvetes e balas, devido ter a característica de formar o açúcar invertido (que é mais doce que a sacarose e tem menor tendência a se cristalizar), através de uma enzima específica, chamada de invertase (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

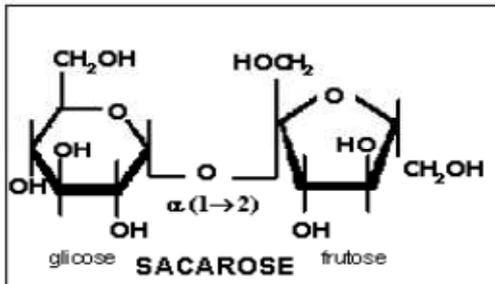


Figura 10: Fórmula estrutural da Sacarose  
Fonte: VIEIRA, 2003.

A sacarose é formada pela ligação da hidroxila do carbono 1 da  $\alpha$ -D-glicose com a hidroxila do carbono 2 da  $\beta$ -D-frutose, ocorrendo a liberação de uma molécula de água. A sacarose é o dissacarídeo mais consumido, devido o seu sabor adocicado e não é um dissacarídeo redutor, devido não possuir um carbono anomérico (BARBOSA, 2004).

A maltose é formada por duas unidades de D-glicose, unidas por uma ligação glicosídica, entre o carbono 1 de uma D-glicose e o carbono 4 da outra D-glicose (figura 11). Devido à maltose possuir um carbono anomérico livre, que pode ser oxidado, este dissacarídeo, é um redutor (NELSON; COX, 2002). A maltose não é frequentemente encontrada na forma livre na natureza, apenas em grãos em germinação (malte de cevada), sendo o principal substrato para a produção de cervejas fermentadas e a principal produto da hidrólise do amido (VIEIRA, 2003).

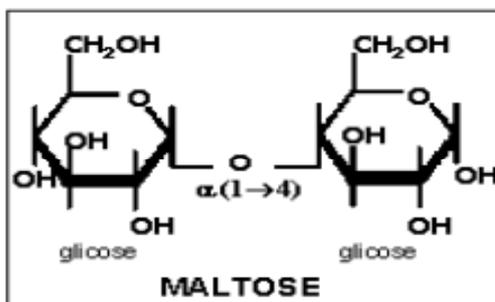
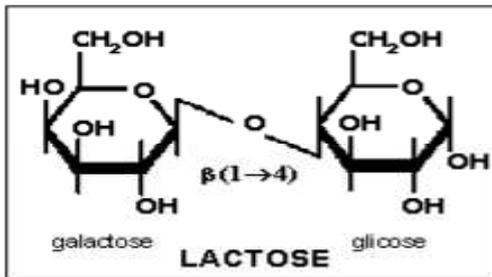


Figura 11: Fórmula estrutural da Maltose  
Fonte: VIEIRA, 2003.

A lactose, é o principal carboidrato da dieta dos mamíferos quando estão na fase de amamentação, porque ele é o principal açúcar encontrado no leite dos mamíferos. Ele é formada por uma ligação glicosídica, entre o carbono 1 da D-galactose com o carbono 4 da D-glicose (figura 12). Este dissacarídeo constitui uma das principais fontes de energia para os bebês, na qual precisam de uma quantidade suficiente de uma enzima chamada lactase, enzima responsável por digerir este carboidrato. A medida em que o ser humano cresce a produção desta enzima diminui, chegando em alguns casos a ser quase nula a produção desta enzima. Sem a lactase o dissacarídeo lactose não é hidrolisado e nem absorvida, passando diretamente para o intestino, acumulando-se nesta região, sendo fermentado, provocando a

liberação de alguns gases, como dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) e ácido lático ( $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$ ) e até doenças como diarreia (BARBOSA, 2004).



**Figura 12:** Fórmula estrutural da Lactose  
**Fonte:** VIEIRA, 2003.

Os pequenos oligossacarídeos podem formar glicoconjugados, ou seja, podem se ligar a outras macromoléculas, como as proteínas e como os lipídios, formando as glicoproteínas e os glicolipídios, sendo encontrados nas membranas celulares, revestindo-as. As glicoproteínas e os glicolipídios, são ricos em informações, devido se encontrarem na superfície das células, constituindo também a base molecular para a determinação dos antígenos do sistema ABO (ALBERTS et al, 2010). As glicoproteínas se ligam a aminoácidos, como a serina, treonina ou asparagina, por meio do grupo hidroxila (OH), no caso da serina e treonina ou por meio do grupo amida, no caso da asparagina. Os glicolipídios são divididos em duas classes, os cerebrosídeos, glicolipídios formados pela ligação de uma glicose ou galactose com ceramida e os gangliosídeos, glicolipídios formados pela união de grandes oligossacarídeos com a ceramida (ROBERTS; HIB, 2006).

### 1.3.3. Polissacarídeos

Polissacarídeos são carboidratos que contêm no mínimo dez unidades de monossacarídeos, unidos por ligações glicosídicas e possuem um alto peso molecular, que podem variar de acordo com o polissacarídeo (BRUCE, 2006). Este tipo de carboidrato também pode ser chamado de glicanos e eles são diferentes entre si, devido a três características básicas, como a identidade de suas unidades de monossacarídeos, que podem ser de um mesmo tipo ou de tipos diferentes, no tamanho de suas cadeias e na ramificação delas (NELSON; COX, 2002).

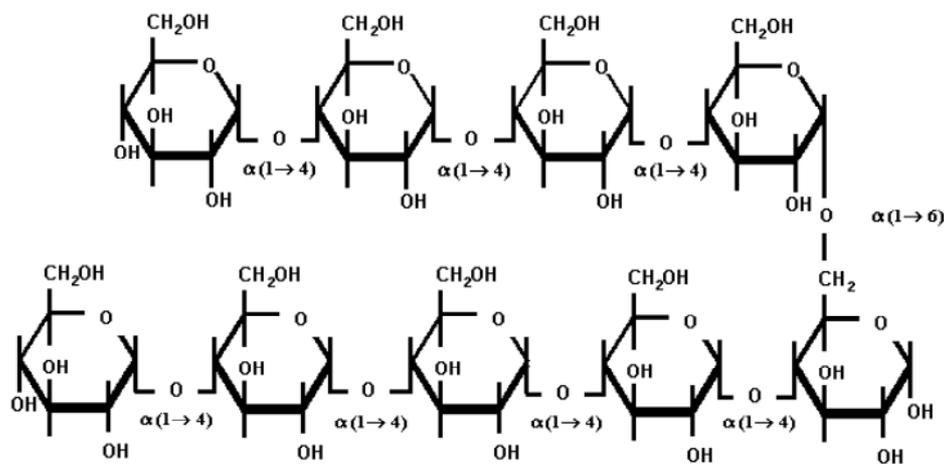
Quando hidrolisado os polissacarídeos, produzem exclusivamente monossacarídeos (D-glicose, D-manose, D-galactose, L-galactose, D-xilose, D-arabinose e outros) e alguns derivados de monossacarídeos (ácidos D-glucorônico, ácidos galacturônico, ácido

manurônico, ácidos sálicos, ácidos aminurônicos, D-glicosamina e D-galactosamina) (WHITE; HANDLER; SMITH, 1986).

Devido os polissacarídeos possuir uma grande variedade de monossacarídeos em sua molécula, eles classificam-se em duas formas, homopolissacarídeos, quando os polissacarídeos contêm apenas um tipo de monossacarídeo e heteropolissacarídeos, quando os polissacarídeos, contêm mais de um tipo monossacarídeos (FRANCISCO JR., 2008).

Os principais homopolissacarídeos são o amido, o glicogênio, que constituem a principal forma de armazenamento de energia dos vegetais e dos animais, respectivamente, a celulose, que o principal componente estrutural das paredes das células rígidas e dos tecidos fibrosos e lenhosos das plantas e a quitina que faz parte do exoesqueleto dos animais (OETTERER; REGITANO-D'ARCE; SPOTO, 2006). E os principais heteropolissacarídeos são glicosaminoglanos (Hialuronato, Condroitina sulfato, Dermatana sulfato, Queratona sulfato e heparina), polissacarídeos constituídos por partes de dissacarídeos de ácido urônico (geralmente o ácido D-glicurônico ou o ácido L-idurônico), de N-acetilglicosamina ou N-acetilgalactosamina e em alguns ainda existem sulfatos e peptidoglicanos, cadeias de heteroglicanos ligados a peptídios (WHITE; HANDLER; SMITH, 1986).

O homopolissacarídeo amido contém dois tipos de polímeros da glicose, a amilose, que não possui cadeia ramificada e a amilopectina, que possui cadeia ramificada. A amilose é formada a partir da ligação  $\alpha$ 1-4 glicosídica ( $\alpha$ , porque o oxigênio envolvido na ligação esta em posição  $\alpha$  e 1-4, porque o carbono do monossacarídeo à esquerda envolvido na reação é o carbono um e o do monossacarídeo à direita é o carbono quatro) e a amilopectina é formada com este mesmo tipo de ligação glicosídica, mas com pontos de ramificações na ligação  $\alpha$ 1-6 glicosídica (figura 13) (NELSON; COX, 2002).



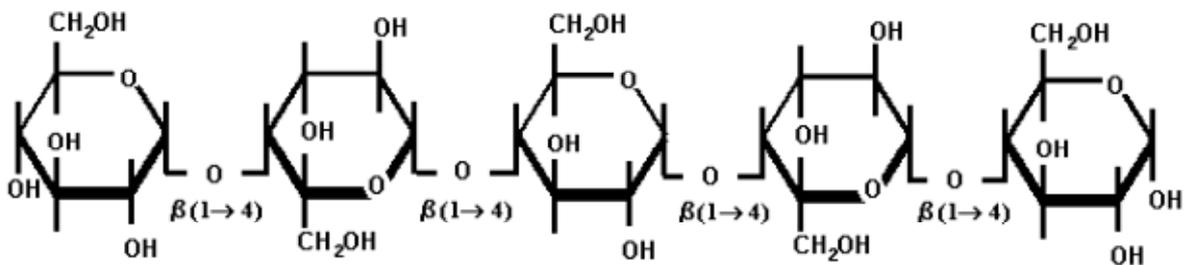
**Figura 13:** Molécula do amido na forma de amilopectina.

Fonte: VIIERA, 2003.

A principal função do amido é de reservatório energético dos vegetais, fornecendo a maior quantidade calórica na alimentação dos seres humanos, sendo o amido comercial encontrado (usado para fins alimentícios) principalmente em milhos, trigo, arroz, tubérculos, batata doce e mandioca. O amido é encontrado na natureza sob partículas características, denominadas de grânulos. A sua hidrólise ocorre através de três enzimas a  $\alpha$ -amilase, a glicoamilase e a  $\beta$ -amilase (DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010)..

O homopolissacarídeo glicogênio, se assemelha com amilopectina, formando ligações  $\alpha$ 1-4 glicosídica com ramificações na ligação  $\alpha$ 1-6 glicosídica, sendo mais compacto e mais extensamente ramificado. O glicogênio é a principal fonte de reserva de glicose dos animais, sendo encontrado no fígado (NELSON; COX, 2002).

A celulose é um homopolissacarídeo de alto peso molecular, formado nos tecidos de sustentação dos vegetais e formada por moléculas de D-glicose unidas por ligações  $\beta$  1-4 glicosídica (figura 14). Estas ligações que formam a celulose (ligações  $\beta$  1-4 glicosídica) são resistentes a enzimas digestivas, sendo degradadas parcialmente apenas por bactérias (KAMOUN; LAVOINNE; VERNEUIL, 2006). A celulose é o principal material estrutural das células vegetais, sendo responsável pela sua resistência, constituindo também como o principal ingrediente do algodão, madeira e folhas de milho (VIEIRA, 2003).



**Figura 14:** Molécula da celulose  
**Fonte:** VIEIRA, 2003

A celulose sofre hidrólise completa e parcial, na hidrólise completa ela produz glicose e na hidrólise parcial ela produz um dissacarídeo, a celobiose. A celulose é insolúvel em água dissolvendo-se apenas em soluções amoniacas de sais de cúprico (WHITE; HANDLER; SMITH, 1986).

Devido à celulose não ser digerida pelo organismo humano e por alguns outros animais e fazer parte das paredes celulares dos vegetais, assim como outros carboidratos (hemicelulose, lignina, gomas, pectinas e pentosanos) ela faz parte das fibras alimentares (KAMOUN; LAVOINNE; VERNEUIL, 2006). As fibras alimentares, quando ingeridas na dieta humana, exercem funções de extrema importância para os seres humanos, como, facilitar o trânsito intestinal e o processo digestivo, além de diminuir a incidência de algumas

doenças como, diverticuloses, câncer de cólon, doenças cardiovasculares e diabetes mellitus. Estas fibras alimentares são divididas em solúveis (celulose e lignina) e insolúveis (gommas e pectinas). As fibras solúveis ajuda na função do cólon e esvaziam o estômago lentamente, sendo essencial para as pessoas que estão em regime e as fibras insolúveis diminuem o colesterol ruim (VIHARA, 2003). A tabela 2 mostra alguns alimentos que possuem fibras solúveis e fibras insolúveis.

**Tabela 2:** Concentração de fibras alimentares insolúveis e de fibras alimentares solúveis em hortaliças.

Produto (100g)	Fibras insolúveis (g)	Fibras solúveis (g)
Ervilha em conserva	0,83	1,32
Feijão carioca (cozido 30 minutos)	4,62	2,60
Feijão branco (cozido 30 minutos)	3,51	2,29
Abóbora (cozida 20 minutos)	1,88	0,36
Amendoim (torrado)	11,54	1,52
Batata doce (cozida 30 minutos)	2,03	2,07
Batata inglesa (cozida 30 minutos)	1,93	1,06
Beterraba (cozida 30 minutos)	1,29	1,42
Alface	1,00	0,57
Espinafre (cozido 5 minutos)	1,11	0,27

Fonte: Adaptado de ARAÚJO et al., 2009

O outro homopolissacarídeo importante é a quitina, que se assemelha a celulose, sendo diferente apenas na posição do carbono 2 onde apresenta um grupo N-acetilamina ao invés do grupo hidroxila. Este homopolissacarídeo é o principal componente do exoesqueleto dos insetos, como já foi citado anteriormente e da casca de crustáceos (lagostas, caranguejos e camarões). (BRUCE, 2006).

#### 1.4. Lipídios

Os lipídios ou gorduras, como são conhecidos popularmente, são macromoléculas que apresentam estruturas químicas diferentes entre si. Tendo como principal característica a sua insolubilidade em água, sendo solúvel apenas em solventes orgânicos. Sobre estas características Roberts e Hib (2006, p.24) afirmam que isso acontece “devido às suas longas cadeias hidrocarbonadas alifáticas ou anéis benzênicos, que são estruturas não polares ou hidrofóbicas”.

Os lipídios são as macromoléculas que possui maior valor energético, onde 1g de lipídio contém 9kcal, enquanto que em 1g das outras macromoléculas (proteínas e carboidratos) possui apenas 4kcal, mas toda esta quantidade de energia que os lipídios

possuem não é utilizada pelo nosso organismo diretamente, ficando armazenada para ser utilizada apenas quando o organismo estiver necessitando de energia. Os lipídios ajudam na absorção de algumas vitaminas, as chamadas vitaminas lipossolúveis (A, D, E, K) e através da gordura subcutânea (gordura que pode ser localizada na cavidade abdominal em torno do intestino e dos rins) protege o esqueleto e atua como isolante térmico (BORSOI, 1995). Vieira (2003) também destaca algumas outras funções dos lipídios, como componentes das membranas celulares atuando junto com as proteínas, componentes do sistema de transporte de elétrons na membrana mitocondrial, formação de hormônios e antioxidantes.

Na alimentação os lipídios desempenham um papel muito importante, dando textura e sabor aos alimentos. Os alimentos lipídicos são classificados como gorduras (sólidos) ou óleos (líquidos). A OMS indica que seja adicionado na alimentação humana cerca de 55g de lipídios, para indivíduos com 70 quilogramas, evitando o seu excesso, que pode causar algumas doenças como o arteroesclerose, diarreia e obesidade e evitando também a sua carência, que pode causar lesões na pele, quando crianças e quando adulto pode alterar a quantidade de ácidos graxos (tipo de lipídio) essenciais no plasma sanguíneo. Os principais alimentos fontes de lipídios são óleos de grão (soja, girassol e canola), azeite, margarinas, manteiga, maionese, castanhas, carnes gordas, creme de leite entre outras (BORSOI, 1995).

Atualmente os lipídios são muito importantes para alguns setores industriais, sendo utilizado para a produção de sabão, detergente, resina, cosméticos e lubrificantes. Os lipídios são também muito utilizados na produção dos chamados combustíveis alternativos, que é produzido através de óleo vegetal transesterificado, substituindo o óleo diesel e liberando uma menor quantidade de gases poluentes (VIEIRA, 2003).

Os lipídios são classificados de acordo com sua composição química, possuindo vários tipos, como ácidos graxos, acilgliceróis, fosfoglicerídeos, esfingolipídios, ceras, terpenos, prostaglandinas e esteróides. Além destes tipos de lipídios existem também os lipídios que se combinam com outras classes de compostos (proteínas, aminoácidos e carboidratos), que são as lipoproteínas, os proteolipídios, os fosfatidopeptídeos, os lipoaminoácidos e os lipopolissacarídeos (WHITE; HANDLER; SMITH, 1986).

#### **1.4.1. Ácidos graxos**

Os ácidos graxos são ácidos carboxílicos que possui uma grande cadeia com átomos de carbono, que reagindo com base forte forma sabões (reação de saponificação). A grande maioria das cadeias de ácidos graxos são lineares contendo cerca de 4 a 36 átomos de carbono

sendo classificados em ácidos graxos saturados e ácidos graxos insaturados. Os ácidos graxos mais presentes na natureza são os que possuem entre 14 a 24 átomos de carbono em sua cadeia (VIEIRA, 2003). Segundo Kamoun, Lavaionne e Verneuil (2006) nos seres humanos a maioria dos ácidos graxos possui em sua cadeia um número par de átomos de carbono. As propriedades físicas dos ácidos graxos são determinadas pelo comprimento da sua cadeia e pelo grau de insaturação desta.

Os ácidos graxos saturados são muito abrangentes na natureza, devido ser sintetizados por vegetais e por animais. Eles possuem altas temperaturas de fusão (com exceção dos que possuem menos de dez átomos de carbono em sua molécula) devido à longa estabilidade de suas cadeias, permanecendo em estado sólido em temperatura ambiente (VIEIRA, 2003).

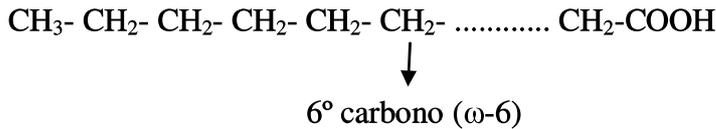
Existem atualmente vários tipos de ácidos graxos saturados e cada tipo deste ácido recebem dois tipos de nomenclatura, a científica, estabelecida pela International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) e a usual ou comum. A nomenclatura científica destes ácidos é estabelecida da seguinte forma: coloca-se o prefixo da quantidade de átomos de carbono que possui a molécula, por exemplo, hex quando o composto tiver seis átomos de carbono e dec quando o composto tiver dez átomos de carbono, depois coloca-se o infixo an por possuir apenas ligações simples e por fim coloca-se o sufixo óico por possuir o grupo ácido carboxílico. A nomenclatura usual deste tipo de ácido graxo é atribuída através da fonte que origina este tipo de ácido, por exemplo, o ácido palmítico que é originário do óleo de palma. Existe ainda uma outra nomenclatura, que é a do sistema numérico, utilizado para abreviar o nome destes ácidos, na qual é formada por dois números, onde o primeiro número designa a quantidade de carbonos do ácido graxo e o segundo e último número designa quantas ligações duplas possui o ácido graxo, como estes ácidos graxos são saturados então o último número será sempre zero, por exemplo, o ácido decanoico que tem como abreviação numérica 10:0 (DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010).

Os ácidos graxos insaturados podem ser classificados em monoinsaturados, quando possuir apenas uma ligação dupla em sua cadeia e poliinsaturados, quando possuir mais de uma ligação dupla em sua cadeia. Devido estes ácidos possuir ligações duplas em suas cadeias, eles são menos estáveis do que os ácidos graxos saturados, possuindo com isso um baixo ponto de fusão e estando presente em temperatura ambiente apenas na forma líquida. Existem também ácidos graxos que não podem ser sintetizados pelos mamíferos, que são os ácidos graxos insaturados que possuem ligação dupla abaixo do carbono 16, devido os mamíferos não possuírem a enzima capaz de sintetizar estes ácidos, que é a enzima dessaturase e como estes tipos de ácidos graxos não podem ser sintetizados pelo ser humano

ele se torna essencial na dieta, sendo até chamados de ácidos graxos essenciais, possuindo funções especiais na célula, na qual sua carência pode acarretar em dermatite (um tipo de doença que é caracterizada por inflamação na pele), desidratação e má cicatrização, tendo como exemplo deste tipo de ácido, o ácido linoléico e o ácido linolênico (VIEIRA, 2003). Estes ácidos graxos, devido possuírem uma ou mais ligações duplas em sua cadeia apresentam a configuração cis-trans, sendo a configuração cis, a mais presente na natureza e a mais estável termodinamicamente (SOLOMONS; FRYHLE, 2002).

Assim como os ácidos graxos saturados, os ácidos graxos insaturados recebem uma nomenclatura científica, uma nomenclatura usual ou comum e uma nomenclatura na forma numérica (abreviação numérica). Na nomenclatura científica para os ácidos monoinsaturados a IUPAC determina que em primeiro lugar seja colocado o seu tipo de configuração, cis ou trans, depois seja colocado a posição (número do carbono) onde se encontra a dupla ligação, colocando-se logo após o prefixo, que designa a quantidade de átomos de carbono na cadeia, seguido do infixo e do sufixo oíco, por exemplo, um ácido graxo que contém 18 átomos de carbono e uma ligação dupla no carbono 9, logo este ácido passaria a ser chamado de ácido cis-9-octadecanoíco. Para os ácidos graxos poliinsaturados a nomenclatura segue quase a mesma regra, só que é colocado as posições das várias ligações duplas e depois do prefixo da quantidade de átomos de carbono é acrescentado um outro prefixo que determina a quantidade de ligações duplas que contém o determinado composto, que pode ser di, tri tetra e assim sucessivamente, por exemplo, uma ácido graxo que contém 18 átomos de carbono duas duplas ligações, uma no carbono 9 e a outra no carbono 12, passaria a ser chamado de ácido cis-9,12-octadecanoíco (DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010).

A abreviação numérica dos ácidos graxos insaturados é similar aos ácidos graxos saturados, sendo que o segundo número indica a quantidade de ligações duplas que o ácido graxo possui, acompanhado ainda por delta ( $\Delta$ ) na qual indica a posição (número do carbono) da primeira ligação dupla presente na cadeia, contando a partir do carbono carboxílico (DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010). Para Kamoun, Lavaionne e Verneuil (2006) além da numeração que começa a partir do carbono carboxílico existe também um outro tipo de numeração de ácidos insaturados, que conta no sentido inverso da cadeia (figura 15) tendo a terminologia ômega ( $\omega$ ) usada para indicar a posição da primeira dupla ligação neste tipo de contagem, que pode ser  $\omega$ -3 ou  $\omega$ -6, um ácido graxo poliinsaturado com 18 átomos de carbono tem uma dupla ligação na posição  $\omega$ -6, logo esta dupla ligação estará no carbono 12 ( $18 - 6 = 12$ ) e a seguinte no carbono 9 ( $12 - 3 = 9$ ).



**Figura 15:** Contagem no sentido inverso de uma cadeia, determinando o carbono  $\omega$ .

**Fonte:** KAMOUN, LAVAIONNE e VERNEUIL, 2006.

Os ácidos graxos com ligação  $\omega$ -3 e  $\omega$ -6 são essenciais para a manutenção da saúde humana, em especial para indivíduos com saúde mental comprometida, diabetes, disfunções imunológicas, doenças coronárias, hipertensão, gestantes e lactantes. As principais fontes destes tipos de ácidos graxos são peixes marinhos como, atum, salmão, arenque, cavala, bacalhau, linguado e peixe-gato, linhaça, óleos de vegetais, como óleo de soja, óleo de milho, óleo de canola e óleo de girassol, ovos, nozes, açafrão, azeite e espinafre (DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010).

Nas tabelas 3 e 4 são mostrados os principais ácidos graxos saturados e insaturados, respectivamente, com as suas fórmulas moleculares, seus nomes científicos, nomes comuns e a sua abreviação numérica.

**Tabela 3:** Principais ácidos graxos saturados com suas nomenclaturas e suas fórmulas moleculares.

Nome científico	Nome comum	Fórmula molecular	Abreviação numérica
Ácido hexanóico	Ácido Caproíco	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$	6:0
Ácido dacanóico	Ácido Cáprico	$\text{C}_{10}\text{H}_{20}\text{O}_2$	10:0
Ácido dodecanóico	Ácido láurico	$\text{C}_{12}\text{H}_{24}\text{O}_2$	12:0
Ácido hexadecanóico	Ácido palmítico	$\text{C}_{16}\text{H}_{32}\text{O}_2$	16:0
Ácido octadecanóico	Ácido esteárico	$\text{C}_{18}\text{H}_{36}\text{O}_2$	18:0

**Fonte:** Adaptado de DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010 e WHITE; HANDLER; SMITH, 1986.

**Tabela 4:** Principais ácidos graxos insaturados com suas nomenclaturas e suas fórmulas moleculares.

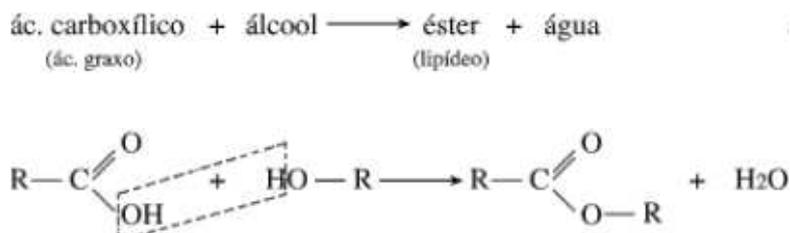
Nome científico	Nome comum	Fórmula molecular	Abreviação numérica
Ácido cis-9-octadecenóico	Ácido Oleíco	$\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$	18:1 $\Delta$ 9
Ácido cis-9, cis-12-octadecadieno	Ácido linoléico	$\text{C}_{18}\text{H}_{32}\text{O}_2$	18:2 $\Delta$ 9
Ácido cis-9, cis-12, cis-15-octadecatrieno	Ácido linolênico	$\text{C}_{18}\text{H}_{30}\text{O}_2$	18:3 $\Delta$ 9
Ácido cis-5, cis-8, cis-11, cis-14-eicosatetraenoico	Ácido araquidônico	$\text{C}_{20}\text{H}_{32}\text{O}_2$	20:4 $\Delta$ 5
Ácido cis-5, cis-8, cis-11, cis-14, cis-17-eicosapentaenoico	EPA	$\text{C}_{22}\text{H}_{38}\text{O}_2$	22:5 $\Delta$ 5

**Fonte:** Adaptado de DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010 e WHITE; HANDLER; SMITH, 1986.

Para White, Handler e Smith (1986) ainda existem dois tipos de ácido graxos, os ácidos graxos carbonílicos e os ácidos graxos hidroxilados, que são ácidos graxos substituídos

encontrados ocasionalmente, tendo como principais exemplos, o ácido tuberculosteárico (tipo de ácido carboxilado) que é derivado dos lipídios do bacilo da tuberculose e o ácido cerebrônico (tipo de ácidos graxos hidroxilados) que está presente nos cerebrosídeos.

Os ácidos graxos podem sofrer algumas reações, como esterificação e hidrogenação. A esterificação é uma reação que ocorre entre uma molécula de ácido e álcool, produzindo uma molécula de éster e uma molécula de água, na qual pode ser reversível (figura 16). A reação de hidrogenação ocorre só com os ácidos graxos insaturados, devido eles possuírem ligações duplas, na qual são adicionados átomos de hidrogênio a uma ou mais ligações duplas, sob a presença de um catalisador, que geralmente é o níquel ou a platina (WHITE; HANDLER; SMITH, 1986). A reação de hidrogenação, citada anteriormente, é muito utilizada na indústria alimentícia, alterando a estrutura física dos lipídios, fazendo com que os lipídios sejam mais sólidos em temperatura ambiente. Este tipo de reação é utilizada, para produzir principalmente as margarinas (DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010).

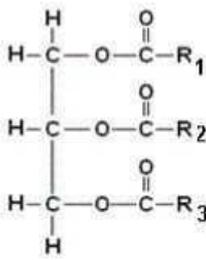


**Figura 16:** Reação de esterificação  
**Fonte:** BRUCE, 2006.

Os ácidos graxos quando sofre a reação de hidrogenação eles passam a ficar sob a forma do isômero trans, dando origem as famosas gorduras trans, que são muito prejudiciais a saúde humana, quando ingeridos na dieta humana, porque eles elevam os índices de um tipo de colesterol, no organismo humano, contribuindo para o aumento do risco de doenças cardiovasculares (MERÇON, 2010 apud AUED-PIMENTEL et al., 2003).

#### 1.4.2. Acilgliceróis

Os ácidos graxos não são encontrados na natureza sob sua forma isolada, devido ele possuir um alto grau de toxicidade para membrana celular sendo esterificado com glicerol para diminuir sua toxicidade formando os acilgliceróis e estes acilgliceróis formados a partir desta esterificação podem ser divididos em monoacilgliceróis, diacilgliceróis e triacilgliceróis, dependendo do número de grupos hidroxila do glicerol esterificados com ácidos graxos, sendo os triacilgliceróis (figura 17) os mais comuns nos alimentos (DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010).



**Figura 17:** Fórmula estrutural de um triacilglicerídeo  
**Fonte:** WHITE; HANDLER; SMITH. 1986.

Os triacilgliceróis ou triglicerídeos estão divididos em dois grupos, os triacilgliceróis simples, nos quais os três grupos de ácidos graxos são os mesmos, e os triacilgliceróis mistos, nos quais os grupos de ácidos graxos são diferentes. Os triacilgliceróis podem ser sólidos ou líquidos a temperatura ambiente, os triacilgliceróis que são líquidos a temperatura ambiente são chamados de óleo e quando são sólidos à temperatura ambiente eles são chamados de gorduras. As principais substâncias fontes de triacilgliceróis são, óleo de amendoim, óleo de soja, óleo de milho, óleo de girassol, manteiga, toucinho e o sebo (SOLOMONS; FRYHLE, 2002).

As gorduras dos triacilglicerídeos possuem um alto ponto de fusão e são formados basicamente por ácidos graxos saturados e os óleos dos triacilglicerídeos possuem um baixo ponto de fusão e são formados apenas por ácidos graxos insaturados (BRUICE, 2006).

Os acilgliceróis devido possuir em sua molécula ácidos graxos, são hidrofóbicos ou não polares, tendo como principais funções nos seres vivos, a de reserva de energia sob a forma armazenada, protetora contra choques mecânicos e de isolante térmico em animais (SANTOS et al. 2001). Sobre a quantidade e o armazenamento de triacilglicerídeos (gorduras) sob forma de energia pelo ser humano Bruice (2006, p. 492) afirma que

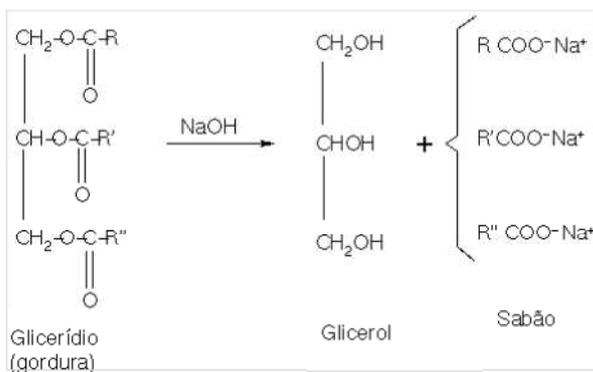
O conteúdo médio de gordura do homem é cerca de 21%, ao passo que o da mulher é cerca de 25%. Os seres humanos podem armazenar gordura suficiente para suprir as necessidades metabólicas do corpo durante dois ou três meses, mas podem armazenar carboidratos suficientes somente para suprir as necessidades metabólicas durante pelo menos 24 horas. Em decorrência os carboidratos são usados primariamente como fonte de energia rápida e em curto prazo.

A nomenclatura dos triacilgliceróis segue a mesma dos ácidos graxos, no caso dos triacilgliceróis simples e para os triacilgliceróis mistos o sufixo ico dos ácidos graxos é trocado pelo sufixo ilo. Por exemplo, um triacilglicerol simples formado apenas por ácido esteárico, ele é chamado de triestearato, triestearina ou 18:0-18:0-18:0 (abreviação numérica) e um triacilglicerol misto formado pelo ácido palmítico, ácido oleico e ácido esteárico ele é

chamado de palmitoil-oleoil-estearoil-glicerol ou 16:0-18:0-18-1 (abreviação numérica) (DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010).

O glicerol que faz parte da reação de formação dos triacilgliceróis é um líquido viscoso, doce, insolúvel em éter, mas miscível em água e etanol podendo também formar ésteres com ácidos graxos orgânicos e inorgânicos que atuam no metabolismo de carboidratos e lipídios, como o glicerol-3-fosfato (WHITE; HANDLER; SMITH, 1986).

Os triacilgliceróis podem sofrer algumas reações como hidrólise enzimática, hidrólise alcalina (saponificação) e hidrogenação. Na hidrólise enzimática que ocorre no interior dos seres vivos, os adipócitos (no caso dos seres humanos) e as sementes em germinação liberam uma enzima chamada lipase que quebra os triacilglicerídeos armazenados liberando ácidos graxos que servem como energia para o organismo (SANTOS et al. 2001). Na reação de saponificação ou hidrólise alcalina a gordura animal ou vegetal (triacilglicerídeos) é aquecida com base, que pode ser hidróxido de sódio (NaOH) ou hidróxido de potássio (KOH), formando o glicerol, utilizado na fabricação de plásticos e explosivos, e um outro composto, no qual depende do tipo de triacilglicerol e da base utilizada na reação (figura 18), que é muito utilizado pelas indústrias, na produção de sabão, detergentes, xampus, cremes para barbear e sabonetes (BARBOSA, 2004).



**Figura 18:** Reação de saponificação

Fonte: BARBOSA, 2004

Muitos alimentos da dieta humana são formados por triacilglicerídeos, como os óleos vegetais, laticínios e gordura animal que possuem em sua molécula diversos tipos de ácidos graxos saturados ou insaturados. Alguns óleos vegetais como o azeite de oliva e de milho são formados principalmente por triacilglicerídeos de ácidos graxos insaturados (NELSON; COX, 2002). Os triacilgliceróis formados por ácidos graxos saturados ou insaturados são de extrema importância na saúde humana, sendo que a ingestão de ácidos graxos insaturados são mais benéficos para o organismo humano do que os ácidos graxos saturados, porque os ácidos graxos saturados ou gorduras saturadas quando consumidas em excesso são prejudiciais ao organismo devido seu poder aterogênico, facilitando o aumento das lipoproteínas de baixa

densidade (LDL), que é um tipo de colesterol ruim e a formação de placas de gordura nos vasos sanguíneos, além do aumento de peso corporal e circunferência abdominal, o que não ocorre com o consumo das gorduras monoinsaturadas e poliinsaturadas. Vendo a importância no controle da ingestão de gorduras a OMS aconselha que seja ingerido por dia pelo ser humano com 70Kg cerca de 22g de gorduras saturadas e 33g de gorduras insaturadas (CUPPARI, 2005). A tabela 5 mostra a composição de alguns ácidos graxos saturados e insaturados presentes em alimentos comuns.

**Tabela 5:** Composição de ácidos graxos saturados e insaturados de alimentos comuns.

Alimento lipídico	Ácido graxo saturado	Ácido graxo insaturado
Oliva	16,2%	83,8%
Canola	5,5%	94,5%
Milho	14,4%	85,6%
Soja	15,0%	85,0%
Semente de linho	9,5%	90,5%
Coco	91,9%	8,1%
Cacau	60,4%	39,6%
Manteiga	62,7%	37,3%
Gordura bovina	50,6%	49,4%
Gordura suína	38,8%	61,2%
Frango	31,1%	68,9%
Salmão	23,4%	76,6%
Ovos de galinha	30,1%	69,9%

Fonte: Adaptado de DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010.

Para White, Handler e Smith (1986) os acilgliceróis além de serem formados por monoacilglicerídeos, diacilglicerídeos e triacilglicerídeos eles também possuem duas outras classes que são os éteres do glicerol, substâncias formadas a partir da união de um grupo  $\alpha$ -hidroxila com um álcool alifático por uma ligação etérea e os glicosilgliceróis, que incluem os monogalactosildiácilglicerol e os digalactosildiácilglicerol que são encontrados principalmente nos cloroplastos das plantas e nas bactérias fotossintéticas.

### 1.4.3. Fosfoglicerídeos

Os fosfoglicerídeos ou glicerolfosfolipídios são ácidos graxos unidos a uma molécula de glicerol, onde o terceiro grupo hidroxila deste glicerol está esterificado com um fosfato (grupo hidrofílico) e este fosfato está ligado a um segundo álcool (grupo hidrofílico), que poder ser um etanolamina, a serina, a colina ou o inositol. A principal molécula que compõe a estrutura básica dos fosfoglicerídeos é o ácido L-fosfatídico. De acordo com o tipo de ligação

do segundo álcool os fosfoglicerídeos são chamados de fosfatidiletanolamina (cefalinas), fosfatidilserina, fosfatidilcolina (lecitinas) e fosfatidilinositol (ROBERTS; HIB, 2006).

Existem também outros tipos de fosfoglicerídeos que são os difosfatidilglicerol ou como é mais conhecido cardiolipina, e os plasmalogêneos. O difosfatidilglicerol é um composto formado de dois ácidos fosfatídicos ligados entre si por três moléculas de glicerol (ROBERTS; HIB, 2006). E os plasmalogêneos que são ácidos graxos unidos por uma ligação éter, onde é substituído o último ácido graxo do glicerol por um grupo aldeído. Os plasmalogêneos estão presentes principalmente no coração dos animais vertebrados (SANTOS et al. 2001).

Os fosfoglicerídeos são compostos anfifílicos (estrutura que possui uma parte solúvel em água e uma outra parte insolúvel em água) e devido eles possuírem essa natureza anfipática (funções polares e apolares), eles formam as membranas celulares, onde Alberts et al (2010. p. 59) afirmam que

Os fosfolipídios esparramam-se sobre a superfície da água, formando uma monocamada de moléculas de fosfolipídios com suas caudas hidrofóbicas expostas ao ar e suas cabeças hidrofílicas mantendo contato com a água. Duas camadas quando em água podem combinar-se facilmente, cauda com cauda, formando um sanduíche de fosfolipídios, ou melhor, uma bicamada lipídica, a qual constitui a base estrutural das membranas celulares.

Os fosfoglicerídeos além de formarem as membranas celulares eles tem como principal função bioquímica, associar lipídios, que são insolúveis em água, com os componentes solúveis em água do organismo e ajudar no transporte de lipídios na corrente sanguínea (SANTOS et al. 2001). Estes tipos de lipídios também estão suscetíveis a reações químicas, como a oxidação, que pode levar a degradação da membrana celular. E alguns tipos de lipídios como as cefalinas e leticinas estão presentes com muita frequência nos alimentos, como fígado e gema de ovo, além de serem utilizados como agente emulsificante e adicionados a maionese evitando a separação dos componentes aquoso e lipídico (BRUICE, 2006).

#### **1.4.4. Esfingolipídios**

Os esfingolipídios são compostos formados por ácidos graxos ligados a uma molécula de esfingosina (condensação do aminoácido serina com um aldeído derivado do ácido palmítico) com uma molécula apolar, chamada de molécula X, (figura 19) que pode ser um

hidrogênio, uma fosfoetanolamina, um fosfocolina, ou um carboidrato. Dependendo da natureza da molécula X, o esfingolípido pode-se classificar em ceramida, esfingomielinas ou esfingofosfolípidios, cerebrosídeos ou esfingoglicolípidios e gangliosídeos (VIEIRA, 2003).

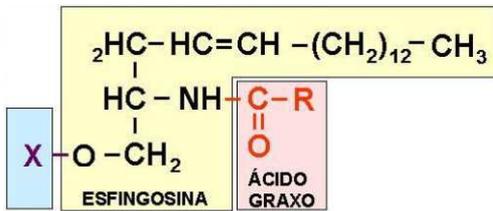


Figura 19: Estrutura molecular de um esfingolípido  
Fonte: VIEIRA, 2003.

A ceramida é o composto mais simples destes esfingolípídios, devido possuir apenas um hidrogênio (-H) no lugar da molécula X. As esfingomielinas possuem um grupo fosfoetanolamina ou fosfocolina no lugar da molécula X, sendo encontrada na maioria das membranas plasmáticas e constituindo a bainha de mielina dos neurônios. Os cerebrosídeos, são formados quando uma molécula de monossacarídeo é colocada no lugar da molécula X de um esfingolípido, eles são encontrados principalmente nas células das membranas cerebrais. Os gangliosídeos são formados quando uma molécula complexa de carboidrato é colocada no lugar da molécula X de um esfingolípido, sendo que uma ou mais das suas unidades terminais é o ácido N-acetilneuramínico ou ácido siálico, estes esfingolípídios atuam no meio extracelular como receptores celulares. Tanto os cerebrosídeos como os glangliosídeos são exemplos de glicolípídios (VIEIRA, 2003).

Os esfingolípídios são degradados no lisossomo por um conjunto de enzimas, na qual um defeito hereditário na produção de um tipo destas enzimas acarreta na acumulação de esfingolípídios nas células, ocasionando graves doenças, como a Doença de Niemann–Pick que tem como sintoma principal o retardo mental e que é causada pela deficiência da enzima esfingomielinase (NELSON; COX, 2002).

#### 1.4.5. Ceras

As ceras são lipídios formados por ésteres de ácidos graxos de cadeias longas (cerca de 16 à 30 átomos de carbono) ou alcoóis graxos de cadeia longa (cerca de 16 a 20 átomos de carbono), estes lipídios são encontrados principalmente na pele, pêlos e penas de animais, revestindo-as e nas folhas e frutas dos vegetais protegendo-as contra parasitas e minimizando a evaporação de água. As ceras mais conhecidas são a cera da abelha, que serve como

material estrutural das colméias e a cera da carnaúba, que é muito utilizada para encerar carros e dar polimento de pisos (SOLOMONS; FRYHLE, 2002).

#### 1.4.6. Terpenos

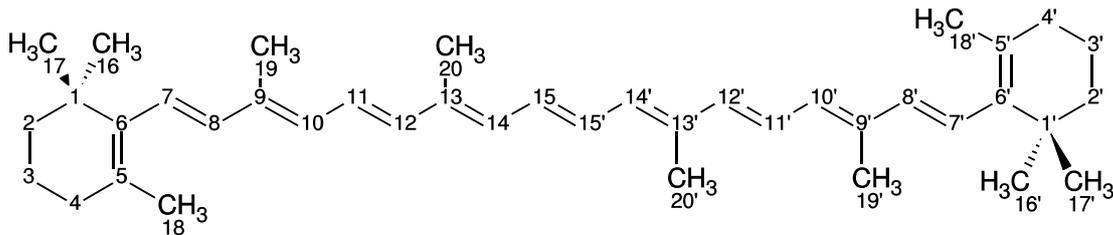
Os terpenos são compostos que podem ser hidrocarbonetos, alcoóis, cetonas ou aldeídos, sendo que os terpenos que contém oxigênio em sua molécula eles são chamados de terpenoides. Os terpenos possuem um esqueleto hidrocarbonado que se assemelha ao 2-metilbutadieno ou isopreno. Devido estes lipídios terem uma estrutura igual ao do isopreno, eles possuem estrutura muito consistente por causa da sua forma cabeça-cauda, na qual a terminação ramificada do isopreno é chamada cabeça e a terminação não ramificada é chamada cauda (BRUICE, 2006).

Os terpenos tem como principal característica seu odor e como eles estão presente nos vegetais eles são responsáveis pelos odores de árvores, frutas e flores. Além de seu odor característico, os terpenos também tem uma função na cadeia alimentar, que a de repelir insetos predadores ou atrair insetos que transportem pólen (SANTOS et al. 2001).

A maioria dos terpenos possui em sua cadeia 10, 15, 20, 25, 30 ou 40 átomos de carbono, e de acordo com esta quantidade de carbono os terpenos podem ser classificados em monoterpenos, compostos que contém 10 átomos de carbono, sequiterpenos, compostos que contém 15 átomos de carbono, diterpenos, compostos que contém 20 átomos de carbono, sesterterpenos, compostos que contém 25 átomos de carbono, triterpenos, compostos que contém 30 átomos de carbono e tetraterpenos, compostos que contém 40 átomos de carbono (SOLOMONS; FRYHLE, 2002). Os principais tipos de terpenos são os carotenos e a vitamina A, sendo que estes compostos ainda possuem outros tipos como o citral, pineno, geraniol, cânfora, menta, ácidos resinicos, borracha, licopeno, fitol e o esqualeno, hidrocarboneto intermediário na biossíntese de um esterol chamado colesterol (WHITE; HANDLER; SMITH, 1986). Segundo Roberts e Hib (2006) entre os tipos de terpenos ainda se encontram o dolicol-fosfato, que é encontrada no retículo endoplasmático e que tem como função unir os oligossacarídeos aos polipeptídeos para formar as glicoproteínas e a ubiquinona, que é encontrada na membrana mitocondrial interna.

Os carotenos são terpenos que possui 40 átomos de carbono em sua molécula, ou seja, eles são tetraterpenos e tem como principal composto o  $\beta$ -caroteno. O  $\beta$ -caroteno está muito presentes nos vegetais, fornecendo cores a eles e esta característica deste composto ocorre devido as suas duplas ligações serem conjugadas (figura 20). O  $\beta$ -caroteno também é um

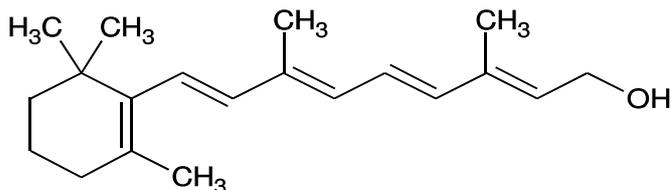
composto antioxidante, que protege o organismo humano de algumas doenças como câncer, catarata e doenças cardiovasculares e retarda a velhice, sendo portanto um lipídio essencial na dieta humana. As principais fontes de  $\beta$ -caroteno são cenoura, batata-doce, abóbora, manga, carambola, pêssigo, espinafre, brócolis, couve, chicória, escarole, agrião, nabo, mostarda, aspargo, ervilha, e ameixa (BRUICE, 2006).



**Figura 20:** Fórmula estrutural do  $\beta$ -caroteno  
**Fonte:** BRUICE, 2006.

Devido os carotenos, como o  $\beta$ -caroteno, possuem ligações duplas a isomeria cis-trans está presente neste tipo de composto, sendo que a configuração trans é a mais abundante nos carotenos e a configuração cis é encontrada em alguns carotenos na natureza (WHITE; HANDLER; SMITH, 1986).

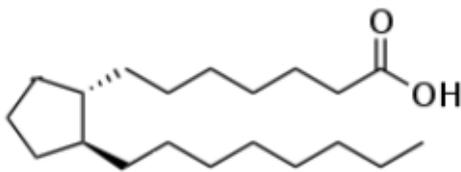
Os carotenos podem se converter em um outro tipo de terpeno, um exemplo é o  $\beta$ -caroteno, que na mucosa intestinal e no fígado dos animais, se convertem no retinol, mais conhecido como vitamina A (figura 21). Esta vitamina está presente nos seres vivos sob a configuração cis e ela é de extrema importância para a visão, porque ela se combina com a opsina (um tipo de proteína), formando a rodopsina visual, que é um pigmento da retina (SANTOS et al. 2001). A vitamina A ainda possui um derivado, que é o ácido retinoico, este ácido atua junto com proteína do núcleo celular regulando o desenvolvimento do tecido epitelial e este ácido também é muito utilizado no tratamento da acne e de pele enrugada. A deficiência de vitamina A no organismo humano pode trazer vários danos a saúde, como cegueira noturna, imunidade prejudicada, sensibilidade à luz e ressecamento, infecção na pele e nas mucosas e crescimento retardado. As principais fontes de vitamina A são o fígado, manteiga, leite integral, ovos e óleo de peixes (NELSON; COX, 2002).



**Figura 21:** Fórmula estrutural da vitamina A  
**Fonte:** WHITE; HANDLER; SMITH, 1986

### 1.4.7. Prostaglandinas

As prostaglandinas são lipídios, que possui em sua molécula 20 átomos de carbono, um grupo carboxila, um anel com cinco átomos de carbono, algumas outras funções oxigenadas e no mínimo uma ligação dupla (figura 22). Estes lipídios são encontrados principalmente em todos os tecidos dos animais e tem como principal função, regular algumas respostas fisiológicas, como febre, dor, inflamação, pressão sanguínea e coagulação sanguínea entre outras respostas (SOLOMONS; FRYHLE, 2002).



**Figura 22:** Esqueleto estrutural da prostaglandina  
**Fonte:** BRUICE, 2006.

A nomenclatura das prostaglandinas se dá através do formato PGX, onde PG indica que é uma prostaglandina e X indica os grupos funcionais do anel e a posição onde se encontra a dupla ligação. Exemplos de prostaglandinas são as PGAs, PGBs e PGCs, que contém um grupo carbonila no anel e se diferenciam apenas na posição da dupla ligação do anel. Outros exemplos de prostaglandinas são os  $\beta$ -hidroxicetonas PGDs e PGEs, que possuem ligações duplas nas cadeias laterais e as PGFs que possuem dois grupos hidroxila no anel, sendo os 1,2-dióis (BRUICE, 2006).

A biossíntese destes compostos ocorre a partir do ácido arquidônico que é sintetizado pelo ácido linoléico, no qual não é sintetizado pelos mamíferos, sendo de extrema importância na dieta humana. O ácido arquidônico é convertido na  $PGH_2$ , através da catálise da enzima prostaglandina endoperóxido sintase, no qual esta prostaglandina forma todas as outras prostaglandinas (BRUICE, 2006).

### 1.4.8. Esteróides

Os esteróides são considerados lipídios devido ao seu caráter apolar, o qual permite que estes compostos atravessem as membranas celulares, deixando as células onde são sintetizados entrando nas células alvos. Estes compostos são formados por um núcleo de ciclopentanoperidrofenantreno, composto que contém três cicloexano, unidos no arranjo fenatrênico, que são ligados a um ciclopentano (BRUICE, 2006).

Os esteróides possuem vários derivados, mas os esteróides que estão mais presentes na natureza são os esteróis. Os esteróis contêm um núcleo ciclopentanoperidrofenantreno, uma cadeia lateral variando de 8 a 10 átomos de carbonos que está ligada ao carbono que está na posição 17 e uma hidroxila ligada ao carbono que está na posição 3, na qual o tornam surfactantes. O principal tipo de esterol é o colesterol, que é encontrado nas células dos animais, mas ainda também existem outros tipos de esteróis, como  $\beta$ -sitosterol e o estigmasterol que são encontrados principalmente nos vegetais (DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010).

O principal esterol presente nos animais, o colesterol (figura 23), possui 8 carbonos assimétricos em sua molécula, formando assim 256 estereoisômeros, mas apenas uma destas formas está presente na natureza, ele é um componente essencial das membranas biológicas além de ser um precursor na formação de alguns hormônios, como estrogênios, progestogênios, testosterona, cortisol, aldosterona, e 1,25-dihidroxicolecalciferol (vitamina D) além de ser precursor dos ácidos biliares, tornando essencial para a vida (LAKER, 2006). Todos estes hormônios são produzidos em um tecido e são levados para as células alvos onde se unem com proteínas desenvolvendo importantíssimas funções na expressão gênica e no metabolismo (SANTOS et al. 2001).



Figura 23: Fórmula estrutural do colesterol  
Fonte: VIEIRA, 2003.

O colesterol é sintetizado pelo organismo dos animais, não sendo obrigado ser colocado na dieta. O excesso de colesterol no organismo humano eleva os níveis de colesterol no sangue ocasionando doenças cardiovasculares. O colesterol pode se unir a proteínas formando dois tipos de lipoproteínas, as lipoproteínas de baixa densidade (LDL) e as lipoproteínas de alta intensidade (HDL). O colesterol alto em LDL é o responsável pelas doenças cardiovasculares e pela aterosclerose. As principais fontes de colesterol, principalmente do colesterol rico em LDL, são as gorduras animais, sendo por isso recomendada o mínimo de consumo deste tipo de alimento. Atualmente existem alguns tratamentos para diminuir o excesso de colesterol no sangue, como o consumo dos esteróis de vegetais na alimentação (DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010).

Os hormônios estrogênios, progestogênios (progesterona) e testosterona sintetizados pelo colesterol, são hormônios sexuais. O estrógeno e a progesterona são os hormônios sexuais femininos, eles são produzidos pelos ovários e são responsáveis pelas características femininas, pelo ciclo menstrual, pela preparação do útero entre outras funções. A testosterona é o hormônio sexual masculino que é produzido pelos testículos e é o principal responsável pelas características masculinas e pela produção de esperma. Os hormônios cortisol e aldosterona, são hormônios produzidos pelas glândulas adrenais. O cortisol tem como principal função regular a reação do estresse no organismo humano e o aldosterona, tem como principal função manter os níveis de sal e potássio no corpo humano. O outro hormônio produzido pelo colesterol é a vitamina D, essa vitamina é modificada pelo fígado e pelos rins produzindo o 1,25-dihidroxicolecalciferol, que é a forma ativa da vitamina D e que atua principalmente no desenvolvimento dos ossos e no controle da absorção de cálcio pelo intestino (LAKER, 2006).

Outros compostos que o colesterol pode sintetizar são os ácido biliares, onde segundo Laker (2006, p. 13)

São formados por colesterol no fígado e agem como detergentes no intestino, dissolvendo a gordura dos alimentos. Esse processo é necessário para a digestão e absorção de lipídios e vitaminas lipossolúveis (solúveis em gorduras): A, D, E e K. Se os ácidos armazenados na vesícula biliar, não alcançarem o intestino, a gordura não será adequadamente digerida e a gordura será eliminada nas fezes, com aspecto esbranquiçado e malcheiroso.

Uma outra classe de esteróides são os esteróides sintéticos, ou seja, são os esteróides obtidos em laboratório, como o estanozolol, noretindona e Dinabol, estes esteróides tem como principal função desenvolver o crescimento muscular e que segundo Bruice (2006, p. 514) “os esteróides que ajudam no desenvolvimento do músculo são chamados de esteróides anabolizantes.” Estes esteróides sintéticos apresentam o mesmo efeito dos esteróides naturais, como a testosterona e a progesterona, só podendo ser utilizados sob prescrição médica, onde altas doses desses esteróides podem ocasionar vários danos a saúde humana.

## **1.5. Proteínas**

As proteínas são macromoléculas que possuem um alto peso molecular e são formadas a partir da união de vários aminoácidos, compostos formados por carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio contendo um grupo carboxila e um grupo amina. Estas macromoléculas

são os principais compostos biológicos da célula tendo o seu nome derivado do latim proteios que tem como significado “primeira importância”. As proteínas são sintetizadas nos genes das células, sendo codificadas, através de informações contidas nos segmentos do Ácido desoxirribonucléico (DNA), passando com isso a exercerem funções específicas (SANTOS et al. 2001).

As proteínas depois de serem sintetizadas nos genes das células, elas ainda sofrem reações de enzimas citoplasmáticas, na qual estas enzimas modificam a constituição de alguns aminoácidos, mudando a composição elementar das proteínas. Dependendo do tipo de modificação que as proteínas ainda sofrem depois de serem sintetizadas nos genes das células, Damodaran, Parkin e Fennema (2010, p. 180) afirmam que “as que não são modificadas enzimaticamente nas células são chamadas de homoproteínas, e as que são modificadas ou complexadas com componentes não protéicos são chamadas proteínas conjugadas ou heteroproteínas”. Estes componentes não protéicos são conhecidos como grupos prostéticos. A tabela 6 mostra as principais classes de proteínas conjugadas, seus respectivos grupos prostéticos e alguns exemplos das classes de proteínas conjugadas.

**Tabela 6:** Proteínas conjugadas

Classe	Grupo prostético	Exemplo
Lipoproteínas	Lipídios	B-lipoproteína do sangue
Glicoproteínas	Carboidratos	Imunoglobulina G
Fosfoproteínas	Grupo fosfato	Caseína do leite
Hemoproteínas	Heme (ferro porfirina)	Hemoglobina
Flavoproteínas	Nucleotídeos de flavina	Succinato desidrogenase
Metaloproteínas	Ferro	Ferritina
	Zinco	Álcool desidrogenase
	Cálcio	Calmodulina
	Molibdênio	Dinitrogenase
	Cobre	Plastocianina

Fonte: NELSON; COX, 2002

Além desta classificação, as proteínas também podem ser classificadas de acordo com a sua forma, sendo classificadas em dois grandes grupos, as proteínas fibrosas e as proteínas globulares. As proteínas fibrosas são proteínas obtidas através de animais, ou seja, são proteínas animais, são insolúveis em água, alongadas que possuem várias cadeias polipeptídicas, os principais tipos de proteínas fibrosas são o colágeno, proteína que está presente no tecido conjuntivo, as elastinas, proteína encontrada nos tendões e artérias e queratinas, que são encontradas no cabelo, lã, penas, unha e casco. As proteínas globulares possuem forma de esfera ou de elipse, são solúveis em água, e os principais tipos de proteínas

globulares são as enzimas, hormônios protéicos e proteínas transportadoras de oxigênio (WHITE; HANDLER; SMITH, 1986).

As proteínas possuem algumas propriedades funcionais características, na qual dependem de seus aspectos físico-químicos como tamanho, forma, composição de aminoácidos, sequência de aminoácidos, razão de hidrofobicidade e de hidrofiliidade, níveis estruturais, carga líquida, distribuição de cargas, capacidade de interagir e reagir com outros componentes, rigidez molecular e flexibilidade molecular (DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010). A tabela 7 mostra algumas das três principais propriedades gerais das proteínas com suas respectivas funções afetadas.

**Tabela 7:** Propriedades das proteínas e suas funções afetadas

Propriedade geral	Funções afetadas
Hidratação	Solubilidade, dispersibilidade, umectabilidade, expansão, espessamento, absorção de água, capacidade de retenção de água.
Propriedade surfactante	Emulsificação, formação de espuma, fixação de aroma, ligação a pigmentos.
Hidrodinâmica/Reologia	Elasticidade, viscosidade, coesividade, mastigabilidade, adesão, gelificação, formação de massa e texturização.

Fonte: DAMODARAN; PARKIN; FENEMA, 2010.

Milhares de tipos destas macromoléculas podem ser encontradas, nas células, possuindo importantíssimas funções para os seres vivos. Dentre algumas funções que as proteínas exercem, Santos et al. (2001) destaca:

- Estrutural – participando da estrutura dos animais, como pele, ossos, cabelos e unhas. Tendo como exemplos: Colágeno, a elastina, a actina, a miosina, e a queratina;
- Movimento – participando da expansão e contração dos músculos, na qual os músculos são formados por moléculas de proteínas como miosina e actina;
- Catálise – participando de todas as reações que acontecem nos organismos vivos catalisando-as através de proteínas específicas chamadas de enzimas, onde são de extrema importância, porque sem elas as reações nos organismos vivos ocorriam muito devagar;
- Transporte – transportando gases, principalmente o gás oxigênio (O<sub>2</sub>) e o gás carbônico (CO<sub>2</sub>). Tendo como exemplo a hemoglobina, uma proteína encontrada no sangue, responsável pelo transporte de gás oxigênio (O<sub>2</sub>) dos alvéolos pulmonares para os tecidos e de gás carbônico (CO<sub>2</sub>), dos tecidos para os pulmões, no fenômeno de respiração aeróbica;

- Armazenamento – estocando nutrientes e minerais para que depois sejam utilizados. Exemplos, caseína proteína do leite e a ovoalbumina, proteína presente nos ovos, que estocam nutrientes para mamíferos recém-nascidos e pássaros. Ferrita, proteína presente no fígado e que estoca ferro;
- Proteção – atuando contra substâncias estranhas que entram no organismo (antígeno) através da produção de anticorpos que combatem estas substâncias estranhas. E atuando também na coagulação do sangue através da proteína fibrinogênio, cicatrizando ferimentos evitando hemorragias;
- Hormonal – estimulando ou inibindo a atividade de certos órgãos, através de alguns hormônios de origem protéica, como a insulina, o glucagôn, o hormônio humano do crescimento e a oxitocina, exercendo com isso funções importantíssimas para os seres humanos;
- Regulação – controlando a expressão de genes, regulando com isso a síntese protéica na célula.

Todas as proteínas biologicamente produzidas podem ser utilizadas na dieta humana e estas proteínas são divididas em proteínas de origem animal e proteínas de origem vegetal. As proteínas de origem animal são as proteínas de alta qualidade ou de alto valor biológico e as proteínas de origem vegetal são as proteínas de baixa qualidade e possuem um valor biológico menor que as proteínas animais. As proteínas animais também são chamadas de proteínas completas, devido sua molécula possuir todos os aminoácidos essenciais que mantêm um grande balanço de nitrogênio, ou balanço nitrogenado positivo, no organismo e as proteínas vegetais também são chamadas de proteínas incompletas, devido não possuírem em sua molécula todos os aminoácidos essenciais, não mantendo um balanço nitrogenado, ou balanço nitrogenado negativo no organismo. As principais fontes de proteínas completas são: carnes de vaca, carne de galinha, peixe, leite e seus derivados e ovos. E as principais fontes de proteínas incompletas são: soja, feijão, ervilha, lentilha, arroz, trigo, aveia, milho e vegetais em geral (PEREIRA; BARCELOS; FLÁVIO, 2008).

Mesmo os alimentos vegetais não contendo todos os aminoácidos essenciais, ainda é possível obter todos estes aminoácidos de fontes de proteínas vegetais, no qual acontece através de uma dieta rica em uma grande variedade de proteínas vegetais, onde um alimento vegetal completa o outro, deixando-os com um maior valor biológico. Segundo Pereira, Barcelos e Flávio (2008, p. 20)

Se numa dieta conter uma leguminosa e um cereal, este último irá fornecer o aminoácido metionina que o primeiro a leguminosa, não possui em quantidades adequadas, e esta por sua vez irá fornecer a lisina para o cereal. Com isto, a dieta não mais possuirá um baixo valor biológico, pois todos os aminoácidos essenciais estarão presentes em proporções aproximadamente adequadas, ou seja, é indicado na alimentação humana a combinação de leguminosas [...] juntamente com cereais, visando o equilíbrio da proteína.

A falta de proteínas na dieta humana pode trazer também sérios riscos à saúde humana, como balanço nitrogenado negativo (perda de nitrogênio pelo organismo), perda de peso ou desnutrição, crescimento irregular em crianças e sintomatologia clínica (PEREIRA; BARCELOS; FLÁVIO, 2008). Tendo em vista toda a importância do consumo de proteínas para a saúde humana, a tabela 8 mostra as recomendações de ingestão diárias de proteínas para indivíduos de diferentes faixas etárias e sexo.

**Tabela 8:** Recomendações nutricionais diárias de proteínas para indivíduos em diferentes faixas etárias e sexo.

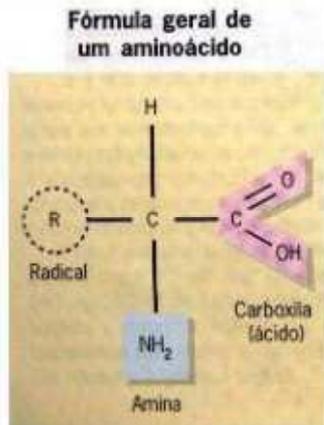
Sexo	Idade em anos	Peso (Kg)	Proteína (g/dia)
Masculino/Feminino	0 – 0,5	6	13
	0,5 – 1	9	14
	1 – 3	13	16
	4 – 6	20	24
	7 - 10	28	28
Homens	11 – 14	45	45
	15 – 18	66	59
	19 – 24	72	58
	25 – 50	79	63
	51+	77	63
Mulheres	11 – 14	46	46
	15 – 18	55	44
	19 – 24	58	46
	25 – 50	63	50
	51+	65	50

Fonte: PEREIRA; BARCELOS; FLÁVIO, 2008.

### 1.5.1. Aminoácidos

A maioria das proteínas são compostas dos mesmos aminoácidos, que são ao todos 22 aminoácidos, mas dois destes aminoácidos são encontrados raramente na natureza. Os aminoácidos são compostos orgânicos que possuem um grupo carboxila, um grupo amina, um hidrogênio e um radical R ligado a um carbono, que é chamado de carbono  $\alpha$  (figura 24). O radical R ligado ao carbono é o grupo que faz com que os aminoácidos se diferenciem um dos

outros de uma forma geral além de serem responsáveis por manter a organização estrutural das proteínas (FRANCISCO JR.; FRANCISCO, 2006). Segundo Santos et al. (2001) a prolina é o único dos 20 aminoácidos que não se encaixam na fórmula geral, sendo que neste aminoácido existe uma ligação do grupo R ao grupo amino.



**Figura 24:** Estrutura geral dos aminoácidos  
**Fonte:** FRANCISCO JR.; FRANCISCO, 2006.

Para Barbosa (2004) devido os aminoácidos apresentarem em sua molécula um grupo ácido (COOH) e um grupo básico (NH<sub>2</sub>), estes compostos sofrem uma reação intramolecular ácido-base, permanecendo predominante uma forma dipolar, na qual recebem o nome de zwitterion, que tem como significado íons híbridos. Devido os aminoácidos possuírem essa forma iônica e serem um tipo de sal, eles são solúveis em água e apresentam uma elevada temperatura de fusão.

Os 20 aminoácidos possuem uma classificação própria sendo classificados de acordo com a polaridade do grupo R, sendo divididos em cinco grupos, não polares, polares, ácidos, básicos e aromáticos. Os aminoácidos não polares, possuem no grupo R um hidrocarboneto e estes aminoácidos repelem água, ou seja, são hidrofóbicos, exemplos destes aminoácidos são a glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina e prolina. Os aminoácidos polares possuem no grupo R, grupos funcionais que formam pontes de hidrogênio, sendo hidrofílicos, tendo como exemplos a serina, treonina, cisteína, metionina, asparagina e glutamina. Os aminoácidos básicos possuem grupos básicos no grupo R, sendo fortemente polares e são encontrados na parte externa das proteínas, os exemplos destes aminoácidos são a lisina, arginina e a histidina. Os aminoácidos ácidos são compostos que possuem carga líquida negativa em p.H.7.0, tendo como exemplo o ácido aspártico e o ácido glutâmico. E os aminoácidos aromáticos são compostos que possuem no grupo R cadeias aromáticas e hidrofóbicas, os exemplos destes aminoácidos são a fenilalanina, tirosina e triptofano (SANTOS et al., 2001). A

figura 25 mostra a fórmula estrutural de todos os 20 aminoácidos encontrados em proteínas além de suas respectivas abreviações.

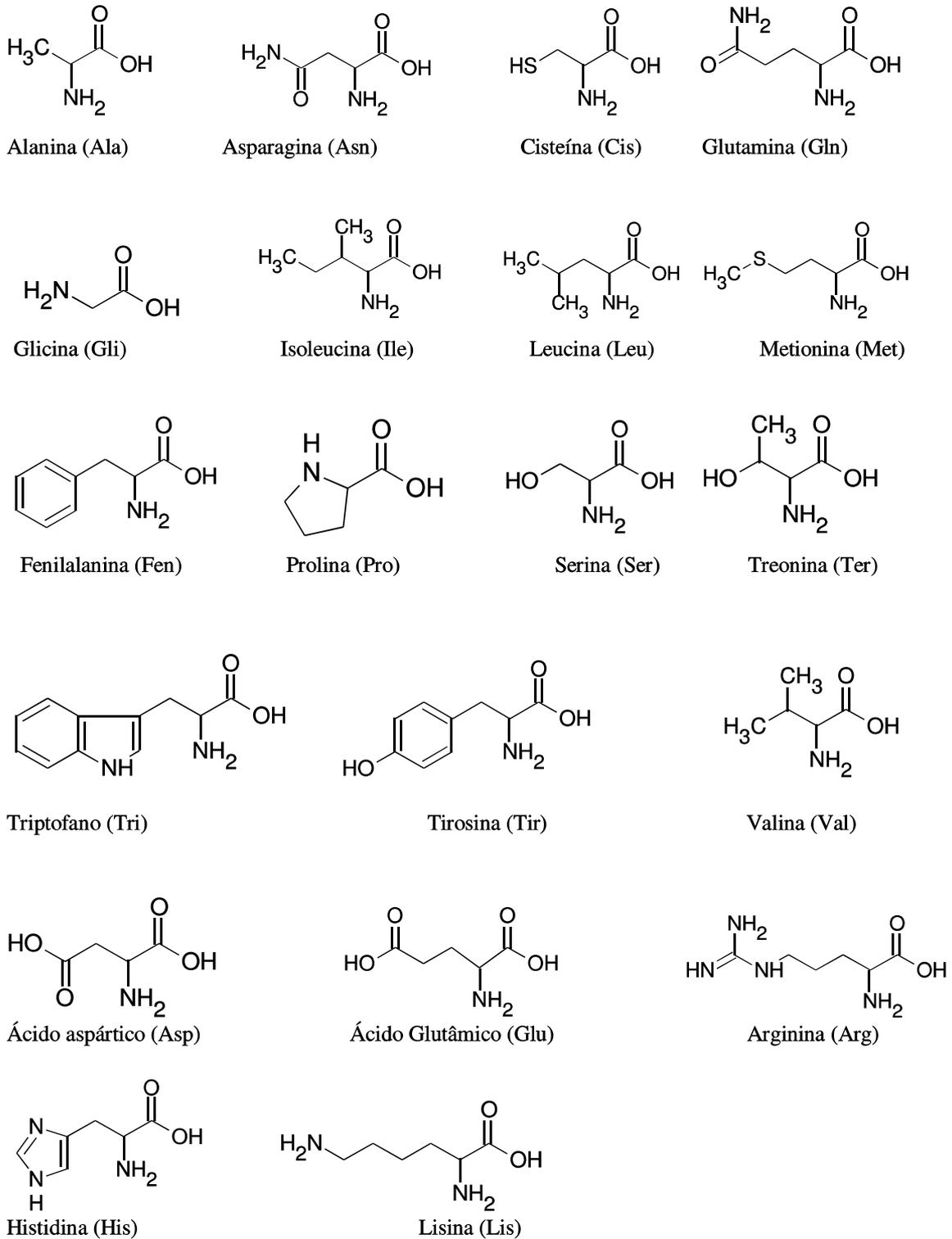


Figura 25: Fórmulas estruturais dos 20 aminoácidos encontrados em proteínas.

Fonte: BARBOSA, 2004.

Todos os aminoácidos com, exceção da glicina, possuem um carbono assimétrico, que é o carbono  $\alpha$ . Como os aminoácidos possuem um carbono assimétrico logo eles se

apresentam sob duas configurações, a configuração D e a configuração L, sendo os L-aminoácidos os mais abundantes na natureza (BRUICE, 2006).

Cada um dos 20 aminoácidos possui um valor de pH específico, onde a forma dipolar predomina e o valor das formas catiônicas e aniônicas são iguais. O pH dos aminoácidos é chamado de ponto isoelétrico e estes ponto isoelétrico representa a média aritmética dos valores de  $pK_{a1}$ ,  $pK_{a2}$  e  $pK_{a3}$ . O  $pK_1$  corresponde aos valores do grupo carboxila (-COOH), o  $pK_{a2}$  corresponde aos valores do grupo amina (-NH<sub>3</sub><sup>+</sup>) e o  $pK_{a3}$  corresponde aos valores do grupo R. Se o resultado ponto isoelétrico (pI) for menor que o valor do  $pK_{a1}$  a solução estará na forma catiônica e se o ponto isoelétrico (pI) for maior que  $pK_{a2}$  a solução estará na forma aniônica (BARBOSA, 2004). A tabela 9 mostra os valores de pKa e o ponto isoelétrico dos 20 aminoácidos encontrado nas proteínas.

**Tabela 9:** Valores de pKa e ponto isoelétrico para 20 aminoácidos comumente encontrados em proteínas.

Aminoácido	$pK_{a1}$ ( $\alpha$ -COOH)	$pK_{a2}$ ( $\alpha$ -NH <sub>3</sub> )	$pK_{a3}$ (grupo R)	PI
Glicina	2,3	9,6		6,0
Alanina	2,3	9,7		6,0
Valina	2,3	9,6		6,0
Leucina	2,4	9,6		6,0
Isoleucina	2,4	9,7		6,1
Fenilalanina	1,8	9,1		5,5
Asparagina	2,0	8,8		5,4
Glutamina	2,2	9,1		5,7
Triptofano	2,4	9,4		5,9
Prolina	2,0	10,6		6,3
Serina	2,2	9,2		5,7
Treonina	2,6	10,4		6,5
Tirosina	2,2	9,1	10,1	5,7
Cisteína	1,7	10,8	8,3	5,0
Metionina	2,3	9,2		5,8
Ácido aspártico	2,1	9,8	3,9	3,0
Ácido glutâmico	2,2	9,7	4,3	3,2
Lisina	2,2	9,0	10,5	9,8
Arginina	2,2	9,0	12,5	10,8
Histidina	1,8	9,2	6,0	7,6

Fonte: BARBOSA, 2004.

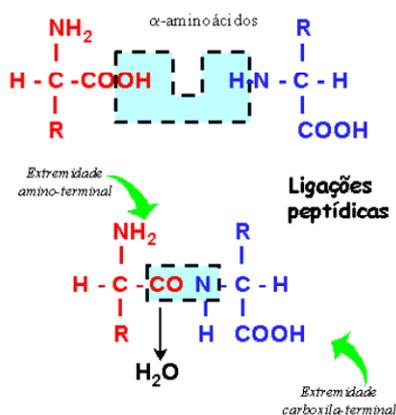
A metade dos aminoácidos são sintetizados pelos organismos vivos e a outra metade de aminoácidos não são sintetizados pelo organismo. Os aminoácidos que não são sintetizados pelos organismos vivos, precisam ser colocados na dieta para que o organismo

consiga suprir as necessidades celulares, estes aminoácidos são chamados de aminoácidos essenciais e os aminoácidos que são sintetizados pelo organismo são chamados de aminoácidos não-essenciais. Os aminoácidos essenciais são: arginina, fenilalanina, histidina, leucina, isoleucina, lisina, metionina, triptofano, treonina e valina. E os aminoácidos não essenciais são: alanina, aspartato, asparagina, cistina, glicina, glutamato, glutamina, prolina, serina e triosina (VIEIRA, 2003).

Além de fazer parte das moléculas das proteínas, os aminoácidos também tem outras funções, como fornecer substrato para a neoglicogênese durante exercícios físicos de longa duração e fornecer substrato para a síntese protéica. Os aminoácidos também podem ser sintetizados em laboratórios através de três reações básicas, a da aminólise direta de ácido  $\alpha$ -halogenado, a da Ftalimida potássica e a da síntese de Strecker (SOLOMONS; FRYHLE, 2002). Os aminoácidos também podem ser separados através de várias técnicas, como a eletroforese (separação que tem como base os valores pI), cromatografia em papel, cromatografia em troca delgada e cromatografia de troca iônica (BRUICE, 2006).

### 1.5.2. Peptídios

Os aminoácidos se unem através de ligações covalentes, que são chamadas de ligações peptídicas. Essa ligação peptídica ocorre entre um grupo carboxila de um aminoácido com um grupo amina de um outro aminoácido, durante esta ligação há também a liberação de uma molécula de água (figura 26) (FRANCISCO JR.; FRANCISCO, 2006). Para Alberts et al (2010) a união de dois ou mais aminoácidos, sempre terá as mesmas características estruturais, um amino-terminal em uma extremidade e um carboxi-terminal na outra extremidade, dando-lhes uma polaridade estrutural



**Figura 26:** Reação de formação de uma ligação peptídica  
**Fonte:** VIEIRA, 2003

A união de vários aminoácidos, através de ligações peptídicas, formam os polipeptídios e a união de algumas cadeias polipeptídicas formam as proteínas, segundo Roberts e Hib (2006, p. 30)

Uma combinação de dois aminoácidos constitui um dipeptídio; de três aminoácidos, um tripeptídio. Quando se unem entre si alguns aminoácidos, o composto é um oligopeptídio. E a maior proteína é finalmente um polipeptídio é formado por muitos aminoácidos. A maior proteína do organismo contém cerca de 27.000 aminoácidos

Os principais tipos de peptídios são as encefalinas, bradicina, vasopressina, ocitocina, gramicidina, aspartame e a glutatona. As encefalinas são pentapeptídios sintetizados pelo corpo humano e tem como principal função controlar a dor. A bradicina, vasopressina e a ocitocina são nonapeptídios e são utilizados como hormônios pelo organismo humano. A gramicidina é um decapeptídio utilizado como antibiótico e é produzido por uma cepa bacteriana. O aspartame é um dipeptídio que é utilizado como adoçante. E a glutatona é um tripeptídio, que tem como principal função, proteger o corpo humano de agentes oxidantes (BRUICE, 2006).

Os peptídios, preferencialmente os polipeptídios, sofrem hidrólise parcial. Esta reação ocorre através da adição de enzimas ou ácidos diluídos às cadeias de polipeptídeos, fazendo com que estas cadeias sejam divididas em cadeias menores, facilitando o estudo das propriedades destes peptídios (SOLOMONS; FRYHLE, 2002).

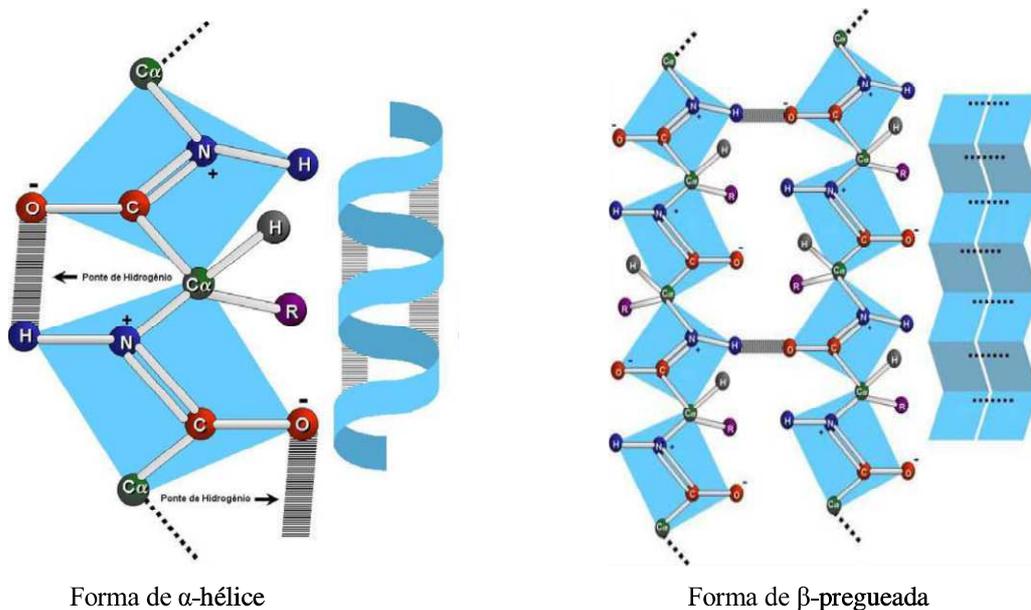
### **1.5.3. Estrutura das proteínas**

As proteínas apresentam quatro níveis de estruturas, a estrutura primária, a estrutura secundária, a estrutura terciária e a estrutura quaternária. As proteínas possuem estes tipos de estruturas devido ao seu caráter anfótero e devido ao grupo R que pode modificar sua carga elétrica. Para a manutenção destes quatro tipos de estruturas as proteínas mantêm, ligações covalentes e ligações não covalentes. A ligação covalente que mais prevalece na estrutura das proteínas é a ponte dissulfeto e as ligações não covalentes que mais estão presentes nas estruturas das proteínas são as pontes de hidrogênio, as forças de Van der Waals, as interações eletrostáticas e as interações hidrófobas (KAMOUN; LAVOINNE; VERNEUIL, 2006).

A estrutura primária das proteínas resulta em uma longa cadeia de aminoácidos, na qual possui uma extremidade carboxil terminal (-COOH) e uma extremidade amino terminal (-NH<sub>2</sub>). Se a estrutura destas ligações forem quebradas, podem ocasionar algumas doenças

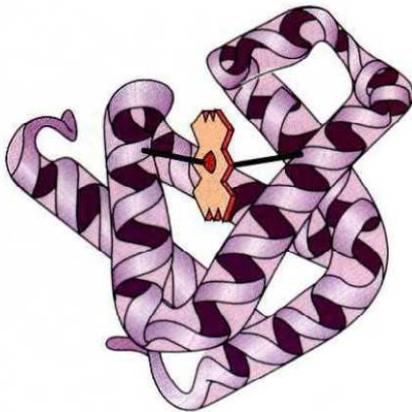
hereditárias, como a anemia falciforme, que ocorre através da mudança da cadeia de aminoácidos da proteína hemoglobina (ROBERTS; HIB, 2006).

A estrutura secundária das proteínas é formada através de pontes de hidrogênio que podem ser intramolecular ou intermolecular, se as ligações forem intramoleculares esta estrutura terá forma de  $\alpha$ -hélice e se as ligações forem intermoleculares esta estrutura terá forma  $\beta$ -pregueada ou  $\beta$ -floha pregueada. A forma  $\alpha$ -hélice é caracterizada por uma translação ao redor de um eixo central paralelo às ligações de hidrogênio. As formas de  $\alpha$ -hélice que possuem um giro para a direita são mais estáveis, portanto são estes tipos de  $\alpha$ -hélice que tem mais predominância. A forma  $\beta$ -pregueada ou  $\beta$ -floha pregueada podem ser de dois tipos: paralelas e antiparalelas. As paralelas apresentam todos os terminais amino das cadeias na mesma extremidade, enquanto que as antiparalelas apresentam os terminais amino e carboxila das cadeias alteradas. Diferentemente do que se observa  $\alpha$ -hélice, na  $\beta$ -pregueada as ligações de hidrogênio são orientadas quase que perpendicularmente ao eixo principal da cadeia polipeptídica e é quase completamente estendida em vez de fortemente enrolada (KAMOUN; LAVOINNE; VERNEUIL, 2006). A figura 26 mostra as formas de  $\alpha$ -hélice e de  $\beta$ -pregueada.



**Figura 27:** Formas das estruturas da  $\alpha$ -hélice e  $\beta$ -pregueada.  
**Fonte:** VIEIRA, 2003.

A estrutura terciária das proteínas, representam o seu arranjo tridimensional, apresentando uma maior distância das sequências de aminoácidos. Neste tipo de estrutura existem tanto ligações covalentes, do tipo ponte dissulfeto, como ligações não-covalentes, como as forças de Van der Waals e as interações eletrostáticas (NELSON; COX, 2002). A mioglobina (figura 27) é um tipo de proteína que apresenta uma estrutura terciária.



**Figura 28:** Estrutura terciária final da mioglobina  
 Fonte: VIEIRA, 2003.

A estrutura quaternária das proteínas, segundo Nelson e Cox (2002) são formadas por peptídeos que possuem duas ou mais cadeias de polipeptídeos, na qual estas cadeias estejam unidas ou separadas sob um arranjo tridimensional. Este arranjo, tridimensional que esta estrutura e a estrutura terciária possui, fazem com que as proteínas exerçam importantes papéis sob as funções biológicas.

As estruturas das proteínas também podem sofrer desnaturação. Esta desnaturação das proteínas ocorre quando algum agente físico (temperatura, pressão hidrostática e cisalhamento) ou químico (pH, solventes orgânicos, solutos orgânicos e sais), destrói a estabilização das estruturas das proteínas. Um exemplo de desnaturação de uma proteína é quando as conformações  $\alpha$ -hélice e  $\beta$ -pregueada, são expostas a altas temperaturas, onde a alta temperatura destrói as pontes de hidrogênio. A única estrutura que desnaturação protéica não afeta é a estrutura primária, porque esta desnaturação não consegue afetar a cadeia de aminoácidos. Estas desnaturações tanto podem ser reversíveis como irreversíveis (SANTOS et al., 2001).

#### 1.5.4. Enzimas

As enzimas são um tipo de proteína que servem como catalisadores das reações biológicas, aumentando a velocidade de algumas reações químicas que ocorrem no organismo dos seres vivos. Roberts e Hib (2006, p. 33) afirmam que “o conjunto de enzimas constitui o grupo de proteínas mais extenso e mais especializado do organismo, responsável pela direção da complexa rede de reações químicas que ocorre nas células”.

A reação enzimática ocorre quando a enzima (E) se une ao substrato (S) através do sítio ativo, formando o complexo enzima-substrato (ES) modificando a estrutura deste

substrato e formando posteriormente um ou mais produtos (P), na qual também esta enzima no final da reação volta ao seu estado normal, não alterando sua formação (ALBERTS et al. 2010) (equação 2).



As reações catalisadas por enzimas possuem um alto nível de especificidade, ou seja, cada reação enzimática é catalisada por uma enzima específica. Esta ligação entre enzima e substrato depende do arranjo dos átomos do sítio ativo, para que ocorra o encaixe perfeito com o substrato, acarretando conseqüentemente a reação. Devido a esta especificidade das enzimas Emil Fischer, em 1894 formulou a hipótese da chave e fechadura (SOLOMONS; FRYHLE, 2002).

As enzimas são um tipo de proteína que possuem uma nomenclatura empírica própria, onde nessa nomenclatura são colocados no prefixo o nome do substrato sobre qual a enzima age seguido do sufixo ASE, exemplo a sacarase que é uma enzima que atua sobre sacarose, que é o substrato da reação enzimática. As enzimas ainda possuem um outro tipo de nomenclatura que é atribuída de uma numeração específica (SANTOS et al., 2001). A tabela 10 mostra alguns tipos comuns de enzimas e as reações que elas catalisam.

**Tabela 10:** Alguns tipos comuns de enzimas

Enzima	Reação Catalisada
Hidrolases	Termo geral para enzimas que catalisam reações de clivagem hidrolítica; nucleases e proteases são nomes mais específicos para subclasses dessas enzimas.
Nucleases	Clivagem de ácidos nucléicos pela hidrólise das ligações entre os nucleotídeos.
Proteases	Clivagem de proteínas pela hidrólise das ligações entre os aminoácidos.
Sintases	Síntese de moléculas em reações anabólicas pela condensação de duas pequenas moléculas.
Isomerases	Catálise do rearranjo das ligações de uma única molécula.
Polimerases	Catálise de reações de polimerização como a síntese de DNA e RNA.
Cinases	Catálise da adição de grupos fosfato a moléculas. Proteína cinases são um importante grupo de cinases, que ligam grupo fosfato a proteínas.
Fosfatases	Catálise da remoção hidrolítica de grupos fosfato de uma molécula.
Óxido-redutases	Nome genérico para enzimas que catalisam reações em que uma molécula é oxidada enquanto a outra é reduzida. Enzimas desse tipo frequentemente são chamadas pelo nome mais específico de oxidases, redutases ou desidrogenases.
ATPases	Hidrólise de ATP. Muitas proteínas com amplas funções apresentam atividade de ATPase como parte de suas funções; por exemplo, proteínas motoras, como miosina, e proteínas de transporte da membrana, como bomba de sódio e potássio.

Fonte: ALBERTS et al. 2010

De acordo com Roberts e Hib (2006) algumas enzimas para exercerem sua função necessitam de co-fatores para auxiliá-las na catálise da reação, este co-fator também é chamado de coenzima. Na maioria das vezes as coenzimas são um metal ou grupo prostético que está ligado a proteína enzimática. Um exemplo utilização de uma coenzima é a reação enzimática das desidrogenases que necessitam de coenzimas que recebem o hidrogênio retirado do substrato, como é o caso da coenzia nicotinamida-adenina-dinucleotídeo.

As enzimas são compostos que possuem uma atividade passível de modificação, sendo os compostos que apresentam a característica de mudar a atividade de uma enzima, de maneira negativa são chamados de inibidor e os inibidores que dificultam o encaixe dos substratos no sítio ativo das enzimas são chamados de inibidores competitivos (SOLOMONS; FRYHLE, 2002).

As enzimas possuem ainda dois grandes grupos, que são os zimogênios e as isoenzimas ou isozimas. Os zimogênios são enzimas que possuem uma forma inativa quando sintetizada, passando a forma ativa apenas no local onde for exercer sua atividade. As isoenzimas são enzimas que apresentam cadeias polipeptídicas diferentes das enzimas normais, mas que apresentam a mesma função que as enzimas normais (SANTOS et al. 2001).

## CAPÍTULO II – CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

### 2.1. Especificidade da área de estudo

O presente trabalho foi realizado com alunos de seis escolas estaduais de ensino médio da cidade de Patos – PB, localizadas na zona urbana.

A cidade de Patos (figura 28) está localizada no sertão do estado da Paraíba, distando 301 quilômetros da cidade de João Pessoa, capital do estado. Este município possui uma altitude de 242 metros, um clima semi-árido, uma área de 473 km<sup>2</sup> e uma população, segundo o censo 2010 realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE), de 100.695 habitantes, tornando-se assim a quarta cidade mais povoada do estado da Paraíba (IBGE, 2010).



**Figura 29:** Mapa da cidade de Patos-PB

Fonte: <http://maps.google.com.br>. Acesso em: 15 de novembro de 2010.

### 2.2. Caracterização das escolas pesquisadas

As seis escolas onde foi desenvolvida a pesquisa foram às seguintes: Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Dom Fernando Gomes, Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Monsenhor Manuel Vieira, Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Auzanir Lacerda, Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Dr. Dionísio da

Costa, Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Antonia Araújo e a Escola Normal Estadual Dom Expedito de Oliveira.

#### **2.2.1. E.E.E.F.M. Dom Fernando Gomes**

A Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Dom Fernando Gomes fica localizada no bairro do Morro. Esta escola oferece o ensino fundamental II e o ensino médio e conta atualmente com aproximadamente 600 alunos, nos quais 450 são do ensino fundamental II e 150 são do ensino médio. Esta escola possui 30 professores e o seu funcionamento acontece nos períodos matutino e noturno.

#### **2.2.2. E. E. E. F. M. Monsenhor Manuel Vieira**

A Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Monsenhor Manuel Vieira fica localizada no centro da cidade de Patos, sendo uma das escolas mais importantes do estado da Paraíba. Esta escola oferece o ensino fundamental II e o ensino médio e conta com aproximadamente 700 alunos, sendo que 200 são do ensino fundamental II e 500 são do ensino médio. Esta escola possui 30 professores e o seu funcionamento acontece nos períodos matutino, vespertino e noturno.

#### **2.2.3. E. E. E. F. M. Auzanir Lacerda**

A Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Auzanir Lacerda fica localizada no bairro Jardim Lacerda. Esta escola oferece o ensino fundamental II e o ensino médio e conta atualmente com 635 alunos, nos quais 300 são do ensino fundamental e 335 são do ensino médio. Esta escola possui 32 professores e o seu funcionamento acontece nos períodos matutino e noturno.

#### **2.2.4. E. E. E. F. M. Dr. Dionísio da Costa**

A Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Dr. Dionísio da Costa fica localizada na periferia da cidade de Patos, no bairro do Salgadinho. Esta escola oferece o ensino fundamental II e o ensino médio e conta com aproximadamente 300 alunos do ensino fundamental e 269 do ensino médio, totalizando 569 alunos que são advindos da zona urbana

e rural. Esta escola possui 28 professores e o seu funcionamento acontece nos períodos matutino, vespertino e noturno.

#### **2.2.5. E. E. E. F. M. Antonia Araújo**

A Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Antonia Araújo fica também localizada em um bairro da periferia da cidade de Patos, o bairro do Bivar Olinto. Esta escola oferece o ensino fundamental II e o ensino médio e conta aproximadamente com 450 alunos, sendo 200 alunos do ensino fundamental e 250 do ensino médio. O seu funcionamento acontece nos períodos matutino, vespertino e noturno.

#### **2.2.6. Escola Normal Estadual Dom Expedito de Oliveira**

A Escola Normal Estadual Dom Expedito de Oliveira fica localizada no bairro do Belo Horizonte. Esta escola oferece o ensino médio e profissionalizante. E conta com aproximadamente 430 alunos e 25 professores. O seu funcionamento acontece nos períodos matutino, vespertino e noturno.

## **CAPÍTULO III – METODOLOGIA**

### **3.1. Tipo de Pesquisa**

O presente trabalho foi desenvolvido junto aos alunos do 3º ano do ensino médio das escolas públicas da cidade de Patos-PB, através da aplicação de questionário que trata sobre o tema bioquímica e suas áreas, como saúde, biologia e química, na proposta de que este trabalho tenha como base a avaliação do conhecimento dos alunos sobre este tema.

### **3.2. Participantes do Estudo**

Fizeram parte do estudo 200 alunos, cursando a 3ª série do ensino médio das escolas públicas estaduais da cidade de Patos-PB, sendo 24 alunos da E.E.E.F.M. Dom Fernando Gomes, 46 alunos da E.E.E.F.M. Monsenhor Manuel Vieira, 30 alunos da E.E.E.F.M. Auzanir Lacerda, 40 alunos da E. E. E. F. M. Dr. Dionísio da Costa, 30 alunos da E.E.E.F.M. Antonia Araújo e 30 alunos da Escola Normal Estadual Dom Expedito de Oliveira. Os participantes da pesquisa são moradores de bairros distintos, como o Morro, Bivar Olinto, Belo Horizonte, Salgadinho e Jardim Lacerda e são advindos das mais diferentes classes sociais.

### **3.3. Método e Coleta de dados**

O método escolhido para a coleta dos dados foi à aplicação de questionário aos estudantes da cidade de Patos, no qual ofereceu oportunidade destes alunos expressarem seus conhecimentos a partir de alternativas oferecidas no questionário. O questionário possui 18 questões e trata sobre algumas informações pessoais dos entrevistados, da disciplina de química, do ensino e conhecimento da bioquímica e da alimentação.

### **3.4. Local e Período**

Os questionários para a pesquisa de campo foram aplicados nas salas de aulas de todas as escolas citadas anteriormente e em horário de aula. A pesquisa foi realizada no período da manhã e entre os dias 18 de outubro a 20 de novembro de 2010.

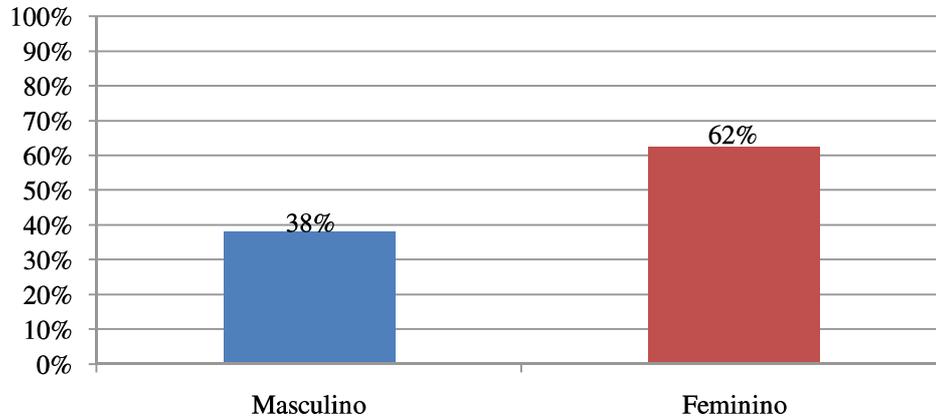
### **3.5. Análise dos dados**

Os dados são apresentados através de uma análise exploratória de maneira qualitativa e quantitativa, tendo com isso uma pesquisa mais detalhada e mais profunda, sendo também utilizados gráficos para a exibição dos resultados.

## CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste presente capítulo serão apresentados os resultados da pesquisa de campo realizada nas escolas públicas estaduais de ensino médio da cidade de Patos-PB, como a E.E.E.F.M. Dom Fernando Gomes, a E.E.E.F.M. Monsenhor Manuel Vieira, a E.E.E.F.M. Auzanir Lacerda, a E. E. E. F. M. Dr. Dionísio da Costa, a E.E.E.F.M. Antonia Araújo e a Escola Normal Estadual Dom Expedito de Oliveira. Além destes resultados, neste capítulo também serão apresentados às discussões referentes a cada dado obtido. Os dados obtidos, que são as respostas dos alunos entrevistados sobre as questões propostas no questionário da pesquisa, estão expostos sobre formas de gráficos (gráficos 1 – 17).

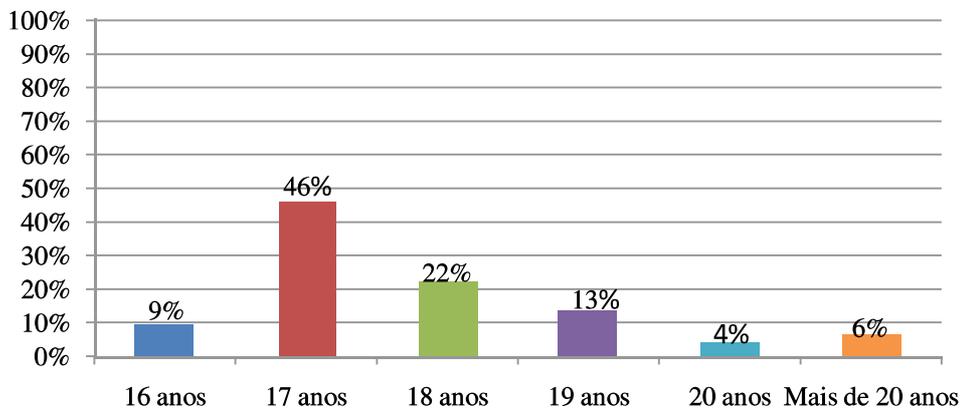
Analisando a figura 30, observa-se que a quantidade de alunos do sexo masculino (38%) é bem menor que a quantidade de alunos do sexo feminino (62%). Este fato ocorreu devido algumas escolas como a E.E.E.F.M. Dom Fernando Gomes, a E.E.E.F.M. Auzanir Lacerda e a Escola Normal Estadual Dom Expedito de Oliveira, terem quase que 90% dos alunos do 3º ano do ensino médio do sexo feminino, o que não ocorreu nas outras escolas, onde os alunos do sexo masculino e feminino possuíam quase uma quantidade idêntica.



**Figura 30:** Sexo dos alunos entrevistados  
**Fonte:** Pesquisa de Campo

Observando-se a figura 31, vemos que os alunos entrevistados possuem uma faixa etária bastante heterogênea, variando de 16 anos a mais de 20 anos, onde os alunos que tem 17 anos foram os que mais responderam o questionário da pesquisa, correspondendo a 46% dos alunos entrevistados, seguido dos alunos que tem 18 anos, que correspondem a 22% dos alunos que responderam ao questionário, dos alunos que tem 19 anos, que correspondem a 13% dos alunos entrevistados, dos alunos que tem 16 anos, que correspondem a 9% dos

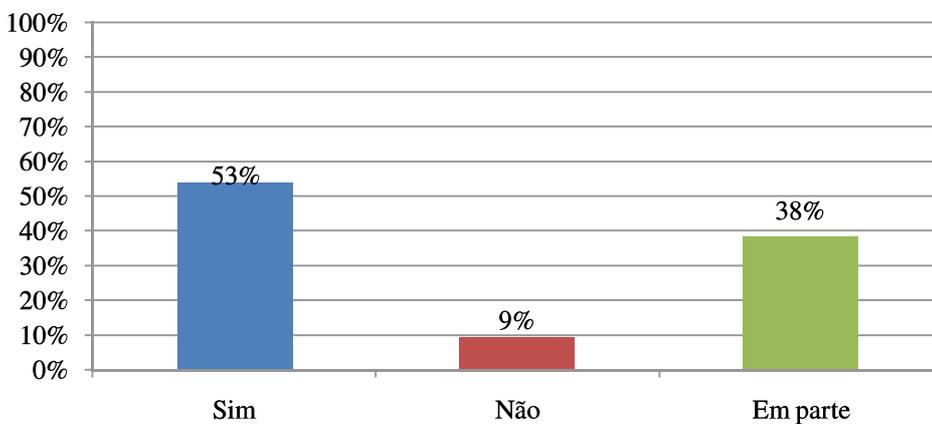
alunos entrevistados e pelos alunos que tem 20 anos, que correspondem a 4% dos alunos que responderam ao questionário.



**Figura 31:** Faixa etária dos alunos entrevistados.

**Fonte:** Pesquisa de Campo

Na figura 32, observa-se que os alunos do 3º ano do ensino médio atualmente gostam da disciplina de química (53% do número total de alunos), em quanto que uma pequena parte dos entrevistados não gostam da disciplina de química (9% dos alunos) e uma outra parte dos alunos gostam em parte da disciplina de química (38% dos alunos). Isto ocorre devido às mudanças que estão ocorrendo no ensino de química, onde antigamente o professor só fazia ensinar fórmulas e compostos químicos aos alunos, não mostrando a aplicação e a importância da química no cotidiano dos alunos, fazendo com que a química fosse uma ciência de difícil entendimento. Fato que não esta ocorrendo com muita frequência no ensino de química atualmente, onde o professor relaciona o conteúdo visto em sala de aula com o cotidiano dos alunos, mostrando sua aplicação, sua origem e importância, tornando a química uma ciência fácil de ser entendida pelos alunos.

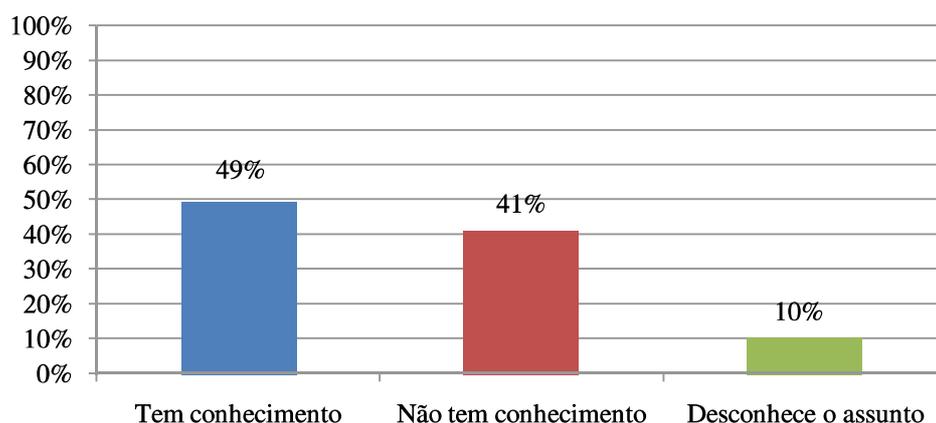


**Figura 32:** Você gosta da disciplina de química

**Fonte:** Pesquisa de Campo

Analisando a figura 33, percebe-se que a quantidade de alunos que tem conhecimento sobre o tema bioquímica (49% dos alunos) é um pouco maior do que a quantidade de alunos que não tem conhecimento sobre o tema bioquímica (41% dos alunos) e também é maior do que a quantidade de alunos que desconhece o assunto, ou seja, alunos que nunca ouviram ou viram falar sobre o tema bioquímica (10% dos alunos entrevistados).

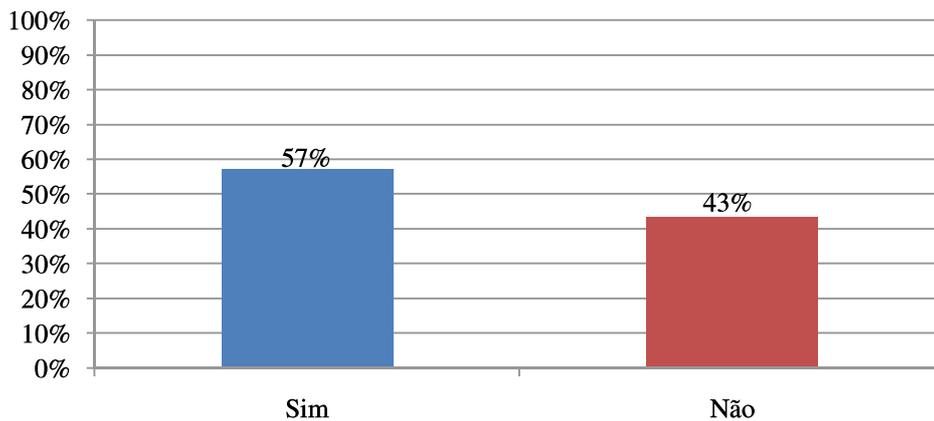
A bioquímica é tema muito debatido em vários meios de comunicação e até mesmo em algumas salas de aulas, devido estar ligado diretamente com a saúde, com a química e com a biologia. O que torna estes dados sobre o tema bioquímica, satisfatórios, onde a grande maioria dos alunos entrevistados tem no mínimo um conhecimento prévio sobre o tema ou já ouviram falar sobre o tema bioquímica, que é o caso dos alunos que responderam que tem conhecimento sobre o tema e os alunos que responderam que não tem conhecimento sobre o tema. Estes alunos que responderam não ter conhecimento sobre o tema bioquímica são os alunos que não tem conhecimento mais já ouviram ou viram falar sobre este tema em algum meio de comunicação ou até mesmo em sala de aula



**Figura 33:** Sobre o tema Bioquímica, você

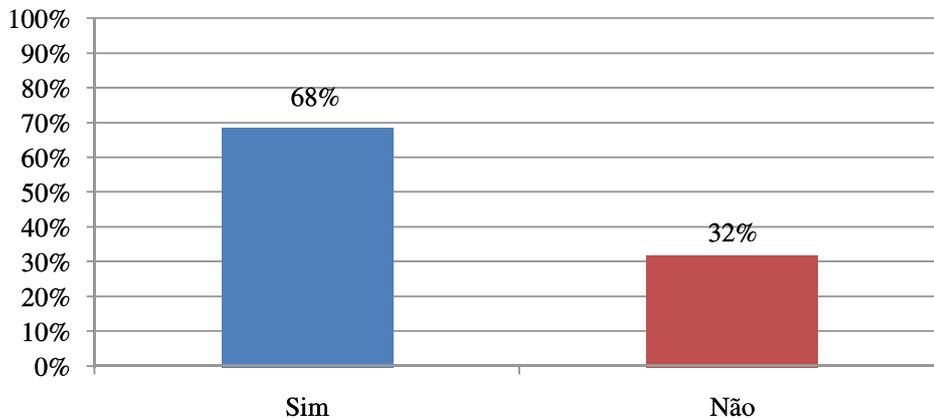
**Fonte:** Pesquisa de Campo

Observando a figura 34, tem-se que segundo os entrevistados, uma pequena maioria dos professores de química abordam o tema bioquímica em sala de aula (57%), o que ainda é um pouco preocupante devido uma parte considerável dos professores de química ainda não abordarem este tema em sala de aula (43%), tendo em vista que a bioquímica, quando tratada na disciplina de química, ela passa também a ser tratada com a parte da química que cuida dos alimentos, principalmente das biomoléculas contidas nos alimentos, como as proteínas, carboidratos e lipídios, tendo um papel fundamental na saúde humana, através de informações de alimentos saudáveis à serem colocados na alimentação, contribuindo para uma melhor qualidade de vida e através de informações sobre algumas doenças que são relaciona das com a química dos alimentos.



**Figura 34:** O seu professor de química aborda o tema bioquímica  
**Fonte:** Pesquisa de Campo

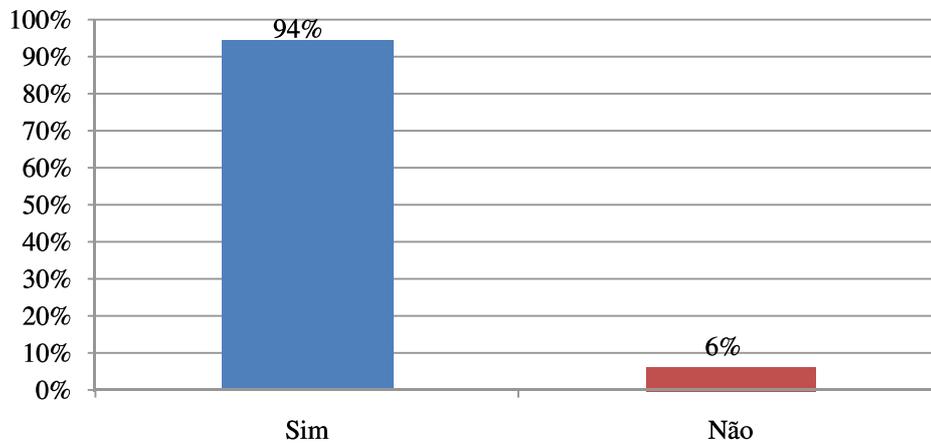
Analisando a figura 35, percebe-se que a maioria dos alunos afirmam que os livros de química utilizados na escola abordam o tema bioquímica (68% dos alunos) e que a outra parte dos alunos entrevistados, responderam que os livros de química utilizados na escola não abordam o tema bioquímica (32% dos alunos). O que também torna este dado um fato muito preocupante, devido à obrigação de todos os livros de química terem uma parte relacionada com a alimentação humana, que no caso seria a bioquímica.



**Figura 35:** O livro que você utiliza na escola, aborda o tema bioquímica  
**Fonte:** Pesquisa de Campo

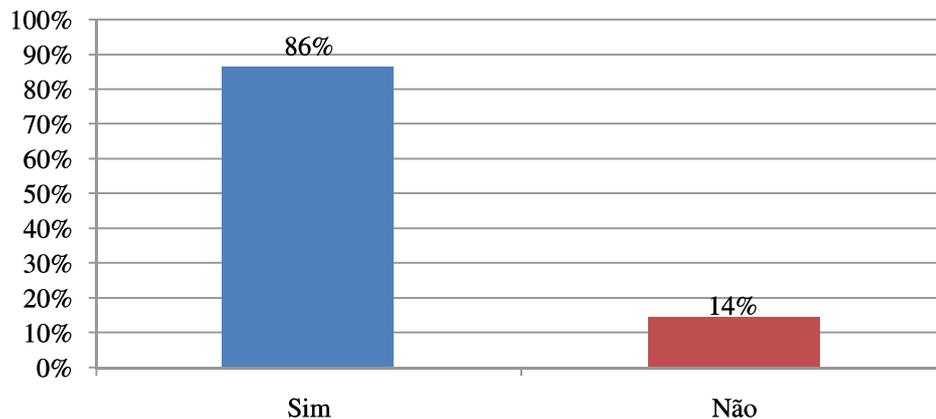
Na figura 36, constata-se que quase todos os alunos entrevistados acham importante o ensino da bioquímica (94% dos alunos) e apenas uma pequena parte destes alunos entrevistados não acham importante o ensino da bioquímica (6% dos alunos). O que torna um fato muito animador, porque mesmo alguns alunos não tendo aulas sobre o tema bioquímica eles acham importante que este tema seja abordado nas aulas, melhorando o seu conhecimento e aprendendo com este ensino as formas de reações químicas que ocorrem dentro dos seres vivos, além de melhorarem sua qualidade de vida, através da escolha certa e

da quantidade certa dos alimentos a serem colocados na alimentação, contribuindo com uma alimentação balanceada e saudável.



**Figura 36:** Você acha importante o ensino da bioquímica?  
**Fonte:** Pesquisa de Campo

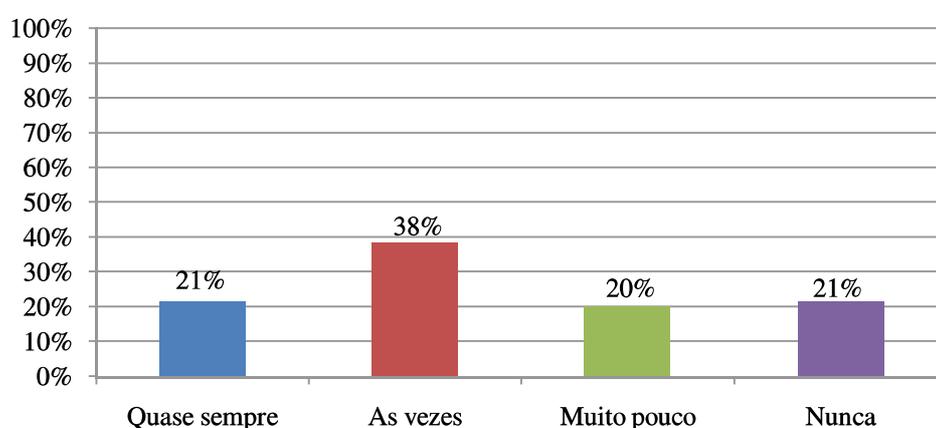
A partir da análise dos dados contidos na figura 37, constata-se que a grande maioria dos alunos acham importante que o tema bioquímica seja abordado nos vestibulares (86% dos alunos dos alunos entrevistados), mas desde que este tema seja abordado ou trabalhado pelos professores de química em sala de aula, como sugeriram alguns alunos, e que uma pequena parte não acha importante que este tema seja abordado nos vestibulares (14% dos alunos entrevistados).



**Figura 37:** Você acha importante que o tema bioquímica, seja abordado no vestibular?  
**Fonte:** Pesquisa de Campo

Examinando a figura 38, que explora se o professor de química dos entrevistados relaciona o tema bioquímica com o tema saúde, 21% dos alunos responderam que quase sempre seu professor de química relaciona o tema o bioquímica com o tema saúde, 38% dos alunos responderam que só em algumas aulas de química sobre o tema bioquímica o seu professor relaciona este tema com tem saúde, ou seja, às vezes o seu professor relaciona o tema bioquímica com o tema saúde, 20% dos alunos responderam que seu professor de

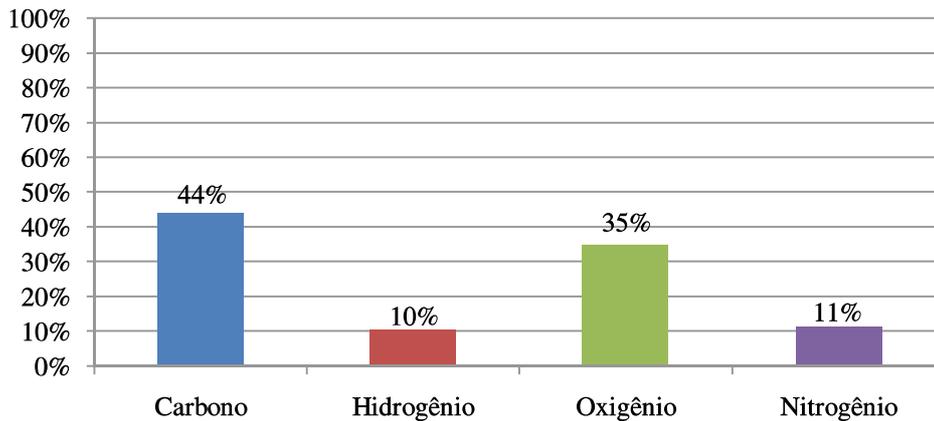
química relaciona muito pouco o tema bioquímica com o tema saúde e 21% dos entrevistados responderam que o seu professor de química nunca relaciona o tema bioquímica com o tema saúde. De acordo com estes dados percebe-se que uma quantidade razoável de professores de química que abordam o tema bioquímica, não relaciona este tema com o tema saúde, o que demonstra que estes professores explanam o conteúdo de bioquímica de uma maneira superficial, mostrando só as fórmulas e reações dos compostos bioquímicos, não relacionando o conteúdo de bioquímica com o cotidiano dos alunos, ou seja, com a alimentação e com a saúde dos alunos, o que torna este tema um tema chato e de difícil entendimento para os alunos.



**Figura 38:** O seu professor de química relaciona o tema bioquímica com o tema saúde.  
**Fonte:** Pesquisa de Campo

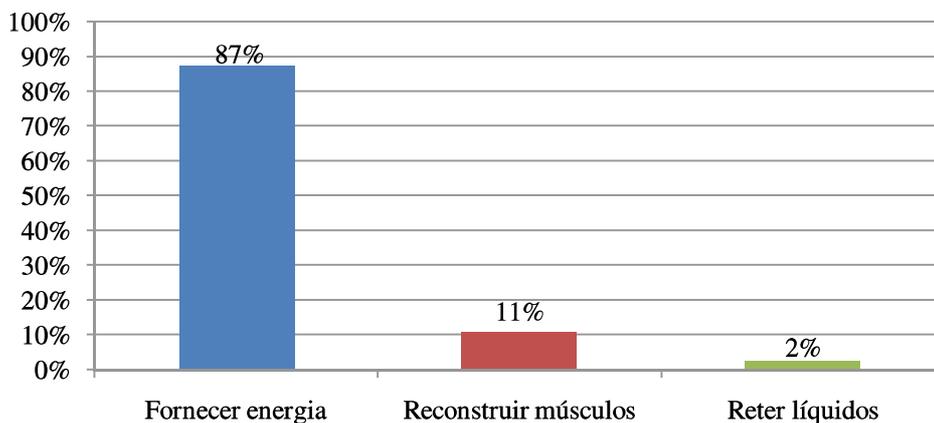
Observando a figura 39, tem-se que 44% dos alunos entrevistados responderam que o carbono é o principal elemento químico que constituem as biomoléculas (proteínas, carboidratos, lipídios e ácidos nucleicos), 10% dos alunos responderam que o hidrogênio é o principal elemento químico que constituem as biomoléculas, 35% dos entrevistados responderam que o oxigênio é o principal elemento químico que constituem as biomoléculas e 11% dos alunos entrevistados responderam que é o nitrogênio o principal elemento químico que constituem as biomoléculas. De fato, como responderam 44% dos entrevistados, o carbono é o principal elemento químico que constituem as biomoléculas, devido a sua propriedade de se ligar a outros átomos.

De acordo com os dados obtidos a maioria dos alunos, cerca de 54%, não sabem que o carbono é principal elemento químico que constituem as biomoléculas, deixando a entender que os alunos ainda sentem dificuldades básicas quanto ao tema bioquímica, o que pode ser explicado por dois motivos: falta da abordagem correta sobre a introdução do tema, pelos professores e a falta da abordagem ampla e correta dos livros sobre aspectos relevantes à introdução do tema.



**Figura 39:** Qual o principal elemento químico, que constitui as biomoléculas.  
**Fonte:** Pesquisa de Campo

Analisando a figura 40, observa-se nas respostas dos alunos que a grande maioria deles (87% dos alunos) acreditam que a principal função dos carboidratos para os seres vivos é fornecer energia, onde toda esta grande maioria está completamente certa, mostrando com isso que os alunos possuem um prévio conhecimento sobre os carboidratos. O restante dos alunos, 11% deles, afirmam que a principal função dos carboidratos é reconstruir músculos, na qual não é função dos carboidratos, mas é uma função das proteínas e 2% destes alunos afirmam que a principal função desta biomolécula é reter líquidos, função que também não é dos carboidratos.

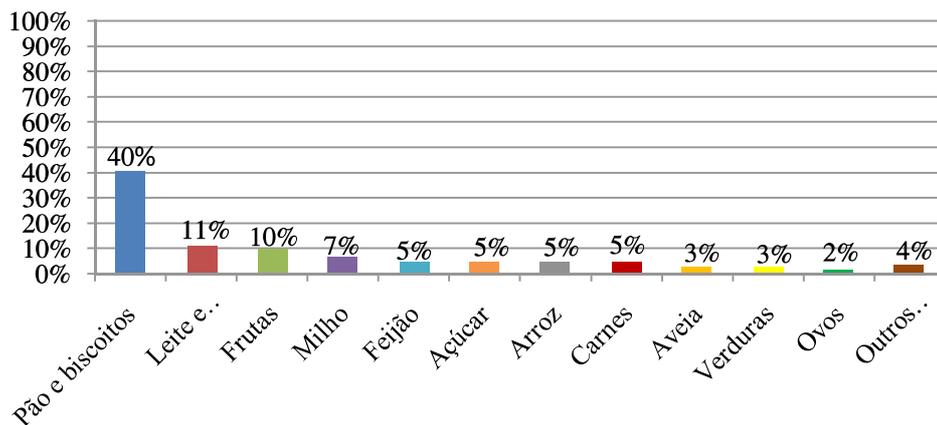


**Figura 40:** Qual a principal função dos carboidratos para os seres vivos  
**Fonte:** Pesquisa de Campo

Na figura 41 estão representados os principais alimentos fontes de carboidratos, citados pelos alunos. Nesta questão foram pedidos para que os alunos citassem três alimentos fontes de carboidratos, nos quais as porcentagens destes alimentos citados foram expostas neste gráfico. Observando este gráfico percebe-se que a principal fonte de carboidrato para os alunos, são os pães e biscoitos, com 40%, seguido de leite e derivados (11%), frutas (10%),

milho (7%), feijão (5%), açúcar (5%), arroz (5%), carnes (5%), aveia (3%), verduras (3%), ovos (2%) entre outros alimentos.

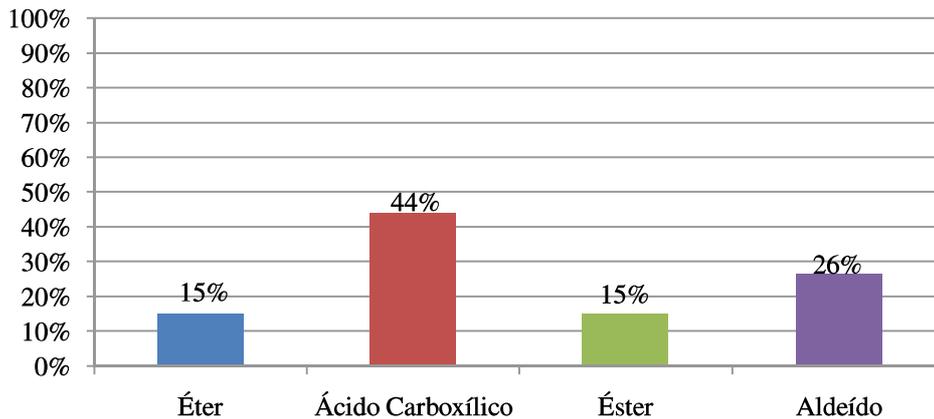
Na verdade os pães e biscoitos são uma fonte riquíssima de carboidratos, assim como as frutas, milho, açúcar arroz e aveia, mostrando com isso que os alunos, além de saberem quais as funções dos carboidratos, eles também sabem quais os principais alimentos à serem utilizados na dieta humana para manter esta função energética além das outras funções dos carboidratos em perfeitas condições.



**Figura 41:** Alimentos fontes de carboidratos  
**Fonte:** Pesquisa de Campo

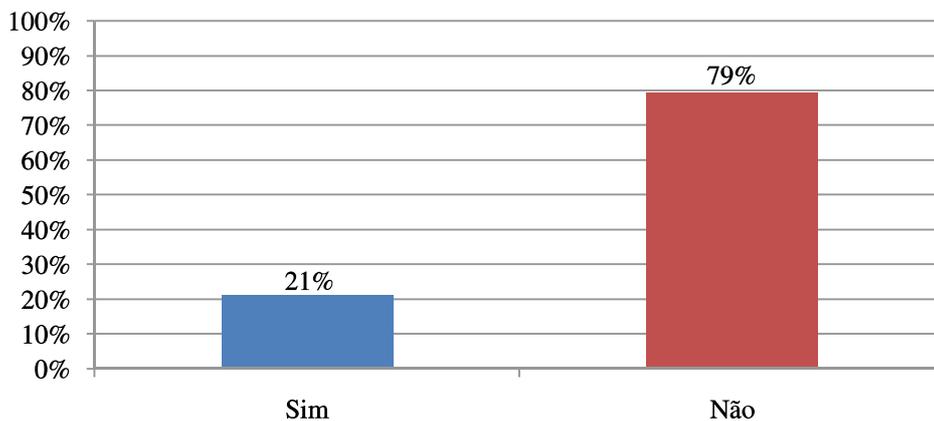
Observando a figura 42, que questiona os alunos a respeito da principal função orgânica presente nos triacilgliceróis, tem-se que 15% destes alunos responderam como sendo o éter a principal função orgânica presente nos triacilgliceróis, 44% responderam como sendo o ácido carboxílico a principal função orgânica presente nos triacilgliceróis, 15% responderam como sendo o éster a principal função orgânica presente nos triacilgliceróis e 26% responderam como sendo o aldeído a principal função orgânica presente nos triacilgliceróis.

A partir destes dados percebe-se que os alunos possuem uma grande dificuldade em saber o que é um triacilglicerol e qual a principal função orgânica presente neste tipo de lipídios, tendo em vista que apenas uma pequena parte dos alunos, responderam que o éster é a principal função orgânica presente nos triacilgliceróis. O que também pode ter ocorrido estas respostas foi devido ao fato que os alunos não souberam diferenciar os ácidos graxos dos triacilgliceróis, já que os ácidos graxos possuem como principal função orgânica o ácido carboxílico, e esta função orgânica foi à função orgânica mais citada pelos alunos como sendo a principal função orgânica presente nos triacilgliceróis.



**Figura 42:** Qual a principal função orgânica presente nos triacilgliceróis.  
**Fonte:** Pesquisa de Campo

Examinando a figura 43, que trata com os entrevistados sobre o perigo de todos os lipídios para a saúde humana, a grande maioria dos entrevistados afirma que todos os lipídios não são nocivos a saúde (79% dos alunos) e a minoria afirma que todos os lipídios são nocivos a saúde (21% dos alunos). Na verdade nenhum lipídio, desde que seja administrado de forma correta na alimentação não é nocivo à saúde, mas existem alguns lipídios que são extremamente restritos o seu uso na dieta, que é o caso das gorduras saturadas e das gorduras trans, que podem trazer sérias doenças à saúde humana, como doenças cardiovasculares e hipertensão.



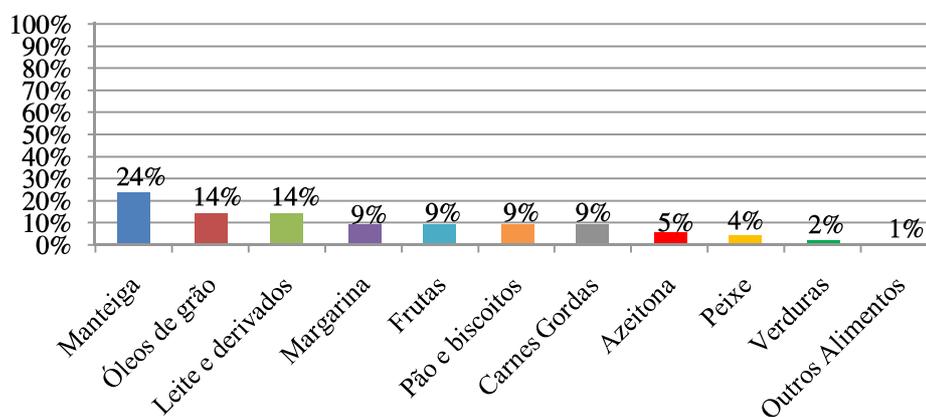
**Figura 43:** Todos os lipídios são nocivos a saúde.  
**Fonte:** Pesquisa de Campo

Na figura 44, estão representados os principais alimentos fontes de lipídios, citados pelos alunos. Nesta questão foram pedidos para que os alunos citassem três alimentos fontes de lipídios, nos quais as porcentagens destes alimentos citados foram expostas neste gráfico. Observando este gráfico percebe-se que a principal fonte de lipídio para os alunos, é a manteiga, com 24%, seguido de óleos de grão, como óleo de soja, óleo de girassol e óleo de

canola (14%), leite e derivados (14%), margarina (9%), que é uma gordura hidrogenada obtida nas indústrias, frutas (9%), pão e biscoitos (9%), carnes gordas (9%), azeitona (5%), peixe (4%), verduras (2%) entre outros alimentos.

Na verdade a manteiga é uma fonte riquíssima de lipídio, assim como óleos de grão, margarinas, leite e seus derivados, carnes gordas e azeite, mostrando com isso que a maioria dos alunos sabem quais são os principais alimentos fontes de lipídios.

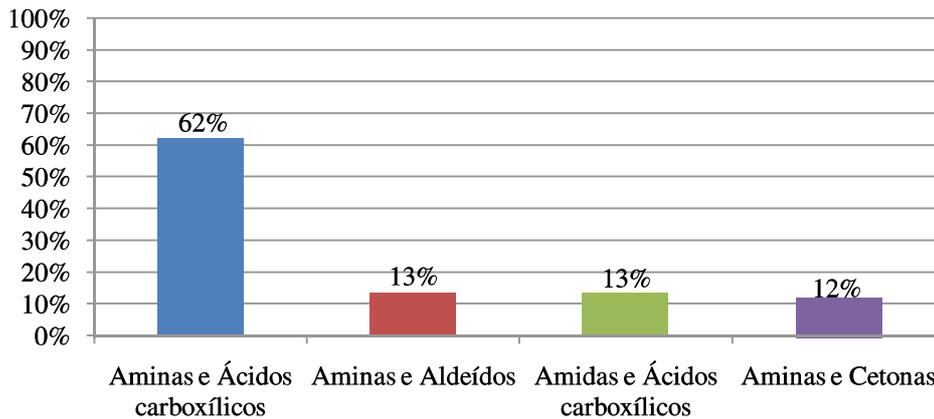
Observando também o gráfico 15 nota-se que as frutas foram citadas 9% das vezes como sendo alimentos fontes de lipídios, o que na verdade não são, pois estes alimentos são fontes de carboidratos, minerais e fibras alimentares na qual de acordo com este dado traz uma pequena preocupação com estes alunos, que ainda não sabem quais são os alimentos fontes de lipídios.



**Figura 44:** Alimentos fontes de lipídios.

**Fonte:** Pesquisa de Campo

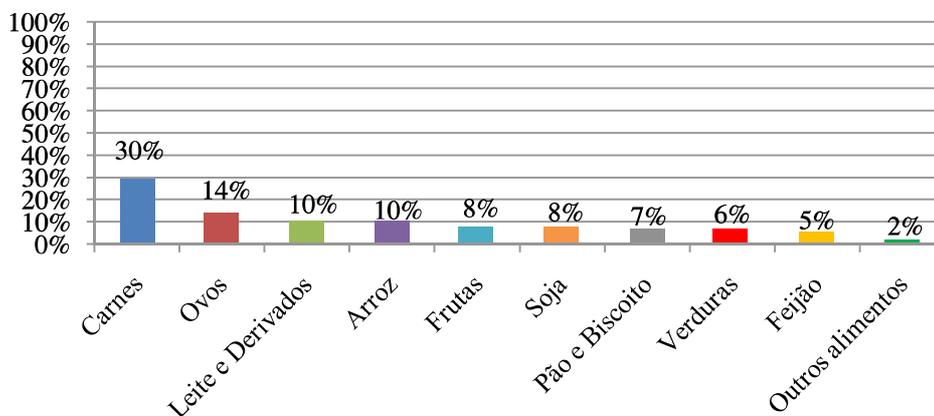
Analisando a figura 45, nota-se que 62% dos alunos responderam que as principais funções orgânicas presentes nos aminoácidos é a amina e o ácido carboxílico, 13% dos entrevistados responderam como sendo aminas e aldeídos as principais funções orgânicas presentes nos aminoácidos, 13% dos alunos responderam como sendo amidas e ácidos carboxílicos as principais funções orgânicas presentes nos aminoácidos e 12% responderam que as principais funções orgânicas presentes nos aminoácidos são aminas e cetonas. Tendo em vista que as principais funções orgânicas presentes nos aminoácidos são aminas e ácidos carboxílicos isso mostra que a maioria dos alunos entrevistados tem no mínimo um conhecimento introdutório sobre as proteínas. Mostrando que quando o assunto de bioquímica é transmitido de uma maneira simples e fácil pelos professores de química aos alunos, eles são assimilados de maneira eficaz, contribuindo com isso, com um melhor ensino e aprendizagem sobre o tema bioquímica.



**Figura 45:** Quais as principais funções orgânicas presentes nos aminoácidos.  
**Fonte:** Pesquisa de Campo

Na figura 46, estão representados os principais alimentos fontes de proteínas citados pelos alunos entrevistados. Nessa questão foram pedidos para que os alunos citassem três alimentos fontes de proteínas, nas quais as porcentagens destes alimentos foram expostas neste gráfico. Observado-se este gráfico percebe-se que o principal alimento fonte de proteína são as carnes, com 30%, seguido de ovos (14%), leite e derivados (10%) e outros alimentos como soja e feijão.

Na verdade as carnes assim como ovos, feijão e soja são fontes riquíssimas de proteínas, mostrando com isso que a maior parte dos alunos sabem quais são os alimentos fontes de proteínas. Observando-se também este gráfico nota-se que uma quantidade razoável de alunos cita como fontes de proteínas frutas (8%), pão e biscoitos (7%) e verduras (6%), o que mostra que ainda esta quantidade razoável de alunos ainda tem dificuldade em saber quais são os alimentos fontes de proteínas, já que estes alimentos não são fontes de proteínas.



**Figura 46:** Alimentos fontes de proteínas.  
**Fonte:** Pesquisa de Campo

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho foi de extrema importância para que se tenha uma compreensão correta de como esta sendo trabalhado o ensino da bioquímica, nas escolas públicas de ensino médio da cidade de Patos-PB, tendo em vista que este tema é de fundamental importância para a formação de qualquer estudante, seja ele da área de exatas, da área de humanas, da área da saúde ou de qualquer outra área, porque ele trata desde as reações químicas que ocorrem dentro dos organismos vivos até os alimentos e moléculas que fazem parte destas reações, estando estritamente ligado com a saúde e com a alimentação dos seres vivos.

Foi verificado neste trabalho que os alunos das escolas públicas de ensino médio da cidade de Patos-PB, gostam da disciplina de química, mas ainda deixam um pouco a desejar, quando o assunto é bioquímica, porque alguns alunos ainda não sabem dados básicos e introdutórios da bioquímica, como qual o principal elemento químico que constituem as biomoléculas, quais as funções orgânicas presentes em alguns compostos bioquímicos e quais os alimentos fontes de carboidratos, lipídios e proteínas, visto que todos estes conhecimentos básicos e introdutórios são importantes para a aprendizagem da bioquímica. E um dos grandes responsáveis por esta quantidade de alunos não terem conhecimento sobre este tema é a escola, porque é na escola onde estes alunos estão mais sujeitos aprenderem sobre o tema bioquímica.

Neste trabalho também pode se verificar, que de acordo com os dados obtidos, que atualmente os professores que tratam o tema bioquímica nas suas aulas de química, não abordam de forma ampla este tema, sendo transmitido de uma maneira simplificada para seus discentes, não relacionando este tema com o tema saúde e com a alimentação o que é de importância fundamental no estudo da bioquímica.

Para que o ensino de bioquímica seja assimilado de uma forma mais ampla e eficaz pelos alunos, algumas formas precisam ser adotadas pelas escolas estaduais de ensino médio da cidade de Patos-PB, e uma das formas à serem adotadas seria uma melhor capacitação dos docentes, através de cursos de capacitação, congressos, palestras, oficinas e outros eventos que tratem sobre o ensino da bioquímica e uma outra forma é adoção de maneira correta dos livros didáticos de química que tratem de uma forma simples e contextualizada o tema bioquímica, onde também estes livros didáticos relacione este tema com o cotidiano dos alunos, através de informações sobre alimentação e saúde, tendo em vista que uma quantidade considerável dos alunos afirmaram que os livros didáticos de química utilizados na escola não aborda o tema bioquímica.

Uma outra forma à ser adotada pelas escolas e pelos professores para a melhorar o ensino e aprendizagem da bioquímica é a inserção deste tema em aulas de outras disciplinas como a biologia, matemática, física, geografia e história, como tema transversal, a partir dos alimentos, sua composição e de suas fontes, como sugere os PCNEM.

Portanto o ensino da bioquímica ainda continua um pouco defasado nas escolas públicas, sendo necessário a adoção das formas citadas anteriormente, para que este ensino possa melhorar e possa contribuir com a vida saudável dos cidadãos, fazendo com que eles saibam escolher melhor seus alimentos para a sua dieta e quais as reações e importância que estes alimentos através das biomoléculas podem exercer nos seus organismos.

## REFERÊNCIAS

ALBERTS, Bruce...[et al.]. **Biologia molecular da célula**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ARAÚJO, Wilma M. C....[et al.]. **Alquimia dos alimentos**. Brasília: Editora Senac-DF, 2009.

AUED-PIMENTEL, S.; CARUSO, M.S.F.; CRUZ, J. M.M.; KUMAGAI, E.E. e CORRÊA, D.U.O. **Ácidos graxos saturados versus ácidos graxos trans em biscoitos**. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 62, n. 2, p. 131-137, 2003.

BARBOSA, Luiz Cláudio de Almeida. **Introdução à química orgânica** – São Paulo: Prentice Hall, 2004.

BORSOI, Maria Angela. **Nutrição e dietética, noções básicas**. 11. Ed. São Paulo: Editora Senac-SP, 1995.

BRUICE, Paula Yurkains. **Química orgânica**. 4. ed., Vol. 2. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

CUPPARI, L. **Guia de Nutrição: nutrição clínica no adulto**. 2.ed. Barueri, SP: Manole, 2005.

DAMODARAN, Srinivasan; PARKIN, Kirk L.; FENNEMA, Owen R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DIRETRIZES CURRICULARES DE QUÍMICA PARA O ENSINO MÉDIO (DCQEM). Governo do estado do Paraná, 2008.

FERREIRA, C.P.; JARROUGE, M.G.; TUNDISI, M.; MARTIN, N.F. **Bioquímica básica**. 6 ed. São Paulo: MNP, 2005.

FRANCISCO JR. Wilmo E. **Carboidratos: Estruturas, propriedades e funções**. In: *Química Nova na Escola*. São Paulo.2008 [online] Disponível na internet via <http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc29/03-CCD-2907.pdf> capturado em 15 de setembro de 2010

FRANCISCO JR., W. E.; FRANCISCO, W. **Proteínas: Hidrólise, precipitação e um tema para o ensino de Química**. *Química Nova na Escola* n. 24, p. 12-16, 2006.

KAMOUN, Pierre; LAVOINNE, Alain; VERNEUIL, Hubert de. **Bioquímica e biologia molecular**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006.

LAKER, Mike Tony Smith. **Colesterol**. São Paulo: Callis Editora. 2006.

MARZZOCO, A; TORRES, B.B. **Bioquímica básica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

NELSON, David L. ; COX, Michael M.. **Lehninger princípios de bioquímica**. 3. ed. São Paulo. 2002.

NEWBOLD, Brian T. **Apresentar a química para o cidadão: um empreendimento essencial**. In: Conferência Internacional de Educação Química , 1987. São Paulo. Anais..São Paulo, Instituto de Química, USP, 1987. P. 155-173.

OETTERER, Marília; REGITANO-d'ARCE, Marisa Aparecida Bismara; SPOTO, Marta Helena Fillet. **Fundamentos de ciência e tecnologia de alimentos**. Barueri SP: Manole, 2006.

PARAMETROS CURRICULARES NACIONAIS DO ENSINO MÉDIO (PCNEM), Brasília: Ministério da Educação,1999.

PEREIRA, M. C. de Angelis; BARCELOS, M. F. Píccolo; FLÁVIO, E. Fernandes. **Valor nutritivo dos alimentos e alimentação adequada**. UFLA. Lavras-MG: 2008.

RIEGEL, R.E. **Bioquímica**. 3 ed.São Leopoldo: Unisinos, 2002.

ROBERTIS, Eduardo M. F. de; HIB, José. **De Robertis bases da biologia celular e molecular**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan,2006.

SANTOS, Custódio D. dos; ABREU, Celeste M. P. de; CORRÊA, Angelita D.; PAIVA, Luciano V.. **Bioquímica**. Lavras:UFLA/FAEPE, 2001.

SANTOS, W. P.; SCHNETZLER, R. P. **Função Social: O que significa ensino de química para formar o cidadão?** Química Nova na Escola, n. 4, p. 28-34, 1996

SANTOS, W.L.P.dos; SCHNETZLER,R.P. **Educação em química**. 3.ed.ljuí: Unijuí, 2003.

SOLOMONS, T. W. Grahan; FRYHLE, Craig B.. **Química Orgânica** . 7.ed. vol 2. Rio de Janeiro:LTC. 2002.

WHITE, Abraham; HANDLER, Philip; SMITH, Emil L.**Princípios de bioquímica**. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1986.

VIEIRA, Ricardo. **Fundamentos de bioquímica: textos didáticos**. Belém-PA. 2003.

**Anexos**

# **Anexos**

## Anexo A – Questionário aplicado ao aluno

### Caro estudante

Este questionário faz parte de um trabalho de Conclusão de Curso (TCC) cujo tema é Bioquímica. Ele constitui um componente curricular do curso de Licenciatura em Ciências Exatas da Universidade Estadual da Paraíba (Campus VII). O referido questionário pede respostas sinceras para produzir frutos para a educação em química na cidade de Patos. Suas informações são de extrema importância para o enriquecimento e valorização deste trabalho. Sendo que as informações prestadas terão tratamento ético adequado. Muito obrigado pela sua colaboração!

1. Nome da escola:

---

---

2. Sexo: ( ) Masculino ( ) Feminino

3. Idade: \_\_\_\_\_

4. Com relação à disciplina de Química você gosta?

( ) Sim ( ) Não ( ) Em parte

5. Com base no tema Bioquímica, você:

( ) Tem conhecimento ( ) Não tem Conhecimento

( ) Desconhece o assunto

6. O seu professor de Química aborda o tema Bioquímica?

( ) Sim ( ) Não

7. O livro que você utiliza na escola aborda o tema Bioquímica?

( ) Sim ( ) Não

8. Você acha importante o ensino da Bioquímica?  
 Sim       Não
9. Você acha importante que o tema Bioquímica, seja abordado no vestibular?  
 Sim       Não
10. O seu professor de Química relaciona o tema Bioquímica com o tema saúde?  
 Quase sempre     As vezes     Muito pouco     Quase nunca
11. Qual é o principal elemento químico, que constituem as biomoléculas?  
 Carbono     Hidrogênio     Oxigênio     Nitrogênio
12. Qual a principal função dos carboidratos, para os seres vivos?  
 Fornecer energia     Reconstruir músculos     Reter líquidos
13. Cite três alimentos fontes de Carboidratos.  
\_\_\_\_\_
14. Qual a função orgânica presente nos triacilgliceróis?  
 Éter     Ácido carboxílico     Éster     Aldeído
15. Todos os lipídios são nocivos a saúde?  
 Sim     Não
16. Cite três alimentos fontes de Lipídios.  
\_\_\_\_\_
17. Quais as principais funções orgânicas presentes nos aminoácidos?  
 Aminas e Ácidos Carboxílicos     Amidas e ácidos Carboxílicos  
 Aminas e Aldeídos     Aminas e Cetonas
18. Cite três alimentos fontes de Proteínas.  
\_\_\_\_\_