



UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
DA TERRA E DO MAR
Curso de Tecnologia em Gestão de Emergências

**OXIMETRIA DE PULSO APLICADA AO ATENDIMENTO PRÉ-
HOSPITALAR DESTINADO AO SUPORTE BÁSICO DE VIDA
PRESTADO PELO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO
DE SANTA CATARINA**

Ac: Diego Felipe Marzarotto

Orientador: Ricardo Monteiro, Ms.

Co-orientador: Alexandre Corrêa Dutra, Major BM

São José, Junho/2009



UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ
CENTRO DE CIÊNCIAS TECNOLÓGICAS
DA TERRA E DO MAR
Curso de Tecnologia em Gestão de Emergências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**OXIMETRIA DE PULSO APLICADA AO ATENDIMENTO PRÉ-
HOSPITALAR DESTINADO AO SUPORTE BÁSICO DE VIDA
PRESTADO PELO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO
DE SANTA CATARINA**

Diego Felipe Marzarotto

Monografia apresentada à banca examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Tecnologia em Gestão de Emergências parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Tecnólogo em Gestão de Emergências

São José, Junho/2009

DIEGO FELIPE MARZAROTTO

**OXIMETRIA DE PULSO APLICADA AO ATENDIMENTO PRÉ-
HOSPITALAR DESTINADO AO SUPORTE BÁSICO DE VIDA
PRESTADO PELO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO
DE SANTA CATARINA**

Esta Monografia foi julgada adequada para a obtenção do título de Tecnólogo em Gestão de Emergências e aprovada pelo Curso de Tecnologia em Gestão de Emergências, da Universidade do Vale do Itajaí, Centro de Educação de São José.

Florianópolis, 16 de junho de 2009.

Prof. Ms. Ricardo Monteiro
UNIVALI – CE de São José
Orientador

Maj BM Alexandre Corrêa Dutra
Instrutor de Atendimento Pré-Hospitalar – CBMSC
Co-orientador

Cap BM Guideverson de Lourenço Heisler
Instrutor de Atendimento Pré-Hospitalar – CBMSC
Membro

DEDICATÓRIA

Dedico este Trabalho de Conclusão de Curso especialmente as famílias Marchi e Marzarotto que fizeram este dia possível .

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus que sempre esteve ao meu lado e a quem agradeço de todo coração, pois com certeza sem sua mão para me guiar o caminho teria sido muito mais difícil.

Agradeço a minha família sobretudo a meus pais, Mauro e Salete, meus irmãos, Junior e Marina, os quais foram fundamentais durante esta caminhada, servindo de alento e inspiração em todos os momentos da vida.

Agradeço as famílias Eichholz e Marchi, em especial a Chéelsea - companheira de todos os momentos -, Dona Márcia e Seu Júlio, Rayan e avó Doryt. Pessoas que considero como uma segunda família e que exerceram importância fundamental nos últimos anos para que eu chegasse a este dia.

Agradeço a todos os professores da UNIVALI, ressaltando a participação do meu orientador, Ricardo Monteiro, que prestou auxílio fundamental na elaboração deste trabalho.

Agradeço a todos os oficiais do CBMSC, em especial ao Sr. Major BM Corrêa, co-orientador deste trabalho, que teve capital importância na discussão do tema e definição da direção a ser seguida.

Agradeço a todos os meus amigos de CFO, Maxuell, Rafael, Fábio, Muniz, Henrique, Andrey, Elis, Iranildo, Ribeiro, Leal, Anderson, Priscila, Thiago, Alves, Nilton, Ciro, os quais não possuo palavras para descrever.

Agradeço enfim a todos aqueles que mesmo na forma de um pensamento positivo auxiliaram na elaboração deste trabalho.

“O fator decisivo para vencer o maior obstáculo é, invariavelmente, ultrapassar o obstáculo anterior.”
(Henry Ford)

RESUMO

MARZAROTTO, Diego Felipe. **Oximetria de pulso aplicada ao Atendimento Pré-Hospitalar destinado ao suporte básico de vida prestado pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina**. 2009. 89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnológico) – Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2009.

O serviço de Atendimento Pré-Hospitalar (APH) vem, desde sua criação, adquirindo e utilizando equipamentos cada vez mais modernos para aprimorar a qualidade do atendimento prestado aos pacientes. O Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) como um dos órgãos responsáveis pela prestação do serviço Atendimento Pré-Hospitalar destinado ao suporte básico de vida, deve estar em sintonia com estas atualizações, por isso este estudo se dirige a utilização do Oxímetro de Pulso no APH. O oxímetro de pulso já é aplicado no Atendimento Pré-Hospitalar no entanto nunca foi feito um estudo aprimorado, dentro do CBMSC, sobre como este deveria ser utilizado. No intuito de realizar este estudo este trabalho destina-se a atestar a sua eficiência como equipamento aplicável ao Atendimento Pré-Hospitalar e propor um padrão de procedimento para seu uso. Neste documento serão encontradas referências sobre processos oxigenação do sangue e a importância do oxigênio para o organismo, princípios e forma de funcionamento do oxímetro de pulso, modelos de aparelho, tipos de sensores que podem ser utilizados com o equipamento, histórico e fases do Atendimento Pré-Hospitalar, vantagens e desvantagens da utilização do aparelho no APH e por fim é proposto um padrão de uso para o aparelho para as guarnições de APH.

Palavras-chaves: Hipóxia, Hipoxemia, SpO₂, Saturação de oxigênio, Monitoramento, Oxímetro de pulso, Atendimento Pré-Hospitalar, Sinais Vitais.

ABSTRACT

MARZAROTTO, Diego Felipe. **Oximetria de pulso aplicada ao Atendimento Pré-Hospitalar destinado ao suporte básico de vida prestado pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina**. 2009. 89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnológico) – Centro Tecnológico da Terra e do Mar, Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2009.

The area of Prehospital Care has been since its creation, acquiring and using modern equipment to improve the quality of care to patients. The Santa Catarina Military Firefighters(SCMF) as one of the institutions responsible for providing the service of prehospital care aiming to basic life support should be aware of these updates, that's why this study is aiming to the use of pulse oximetry on Prehospital Care services. The pulse oximeter is already used in prehospital care, however there was never a study on how the pulse oximeter should be used in the service provided by SCMF. In order to conduct this study this work aims show its efficiency as an equipment applicable to Prehospital care services and proposes a standard procedure for its use. In this document references can be found on the blood oxygenation process and the importance of oxygen to the body, principles and operation of pulse oximeter, models of equipment, types of sensors that can be used with the equipment, historical aspects as phases of prehospital care, advantages and disadvantages of using the device in Prehospital care and finally a standard model of operation is proposed to the use of the device by SCMF firefighters.

Keywords: Hypoxia, Hypoxemia, SpO₂, oxygen saturation, monitoring, pulse oximetry, prehospital care, vital signs.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Representação do sistema circulatório	20
Figura 2 – Formato bicôncavo das hemácias.....	24
Figura 3 - Representação simplificada do Sistema respiratório	26
Figura 4 – Captação de O ₂ pelo sangue pulmonar	30
Figura 5 – Curva de dissociação oxigênio hemoglobina	31
Figura 6 – Componentes de absorção	40
Figura 7 – Método de transmissão de luz	41
Figura 8 - Gráfico de conversão de R/RI para SpO ₂	43
Figura 9 – Oxímetro de dedo.....	44
Figura 10 – Oxímetro fixado no pulso	44
Figura 11 – Oxímetro de mão.....	45
Figura 12 – Oxímetro de mesa.....	45
Figura 13 – Sensor tipo clipe.....	46
Figura 14 – Sensor tipo “Y”	47
Figura 15 – Sensor para orelha.....	47
Figura 16 – Sensor para testa	48
Figura 17 – Curvas plestimográficas	50
Figura 18 - Fluxograma do Atendimento Pré-Hospitalar	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estados de hipoxemia de acordo com o nível de saturação de O ₂	33
Tabela 2 – Movimentos respiratórios por minuto.....	67
Tabela 3 – Frequência cardíaca de acordo com a idade	67
Tabela 4 – Valores normais de pressão arterial	68

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	Objetivo geral	17
1.2	Objetivos específicos	17
2	Metodologia do trabalho	18
3	Corpo humano e o transporte de oxigênio.....	19
3.1	Sistema circulatório (Sistema Cardiovascular).....	19
3.1.1	Circulação pulmonar e circulação sistêmica.....	19
3.1.2	Coração	21
3.1.3	Ciclo cardíaco.....	21
3.1.4	Vasos sanguíneos	22
3.1.5	Sangue	23
3.2	Sistema respiratório	26
3.2.1	Nariz e cavidade nasal	26
3.2.2	Faringe	27
3.2.3	Laringe.....	27
3.2.4	Traquéia	27
3.2.5	Brônquios e bronquíolos.....	28
3.2.6	Pulmões.....	28
3.2.7	Respiração	28
3.3	Interação sistema respiratório e sistema circulatório	29

3.3.1	Captação de oxigênio pelo sangue pulmonar.....	30
3.3.2	Porcentagem de saturação de oxigênio no sangue arterial.....	31
3.4	Importância do nível adequado de oxigênio no sangue	32
3.4.1	Hipoxemia e hipóxia	32
3.4.2	Efeitos da hipóxia sobre o organismo.....	33
4	Oximetria de pulso.....	35
4.1	Histórico da oximetria de pulso	36
4.2	Teoria da oximetria.....	38
4.2.1	Espectrofotometria e plestimografia	38
4.2.2	Componentes de absorção.....	39
4.2.3	Funcionamento do oxímetro	40
4.3	Modelos de oxímetros de pulso	43
4.3.1	Oxímetro de dedo	43
4.3.2	Oxímetro fixado no pulso.....	44
4.3.3	Oxímetro de mão.....	44
4.3.4	Oxímetro de mesa	45
4.4	Tipos de sensores (probes).....	46
4.4.1	Sensor tipo clipe	46
4.4.2	Sensor tipo “Y”	46
4.4.3	Sensor para orelha	47
4.4.4	Sensor para testa	47

4.5	Principais funções e sinalizações do aparelho	48
4.5.1	Mostradores de SpO ₂ e frequência cardíaca (pulso)	48
4.5.2	Alarmes	48
4.5.3	Barra de sinal da amplitude de pulso.....	49
4.5.4	Plestimograma.....	49
4.6	Limitações de operação.	50
4.6.1	Artefatos de movimento	50
4.6.2	Interferência eletromagnética	51
4.6.3	Calibração	51
4.6.4	Efeitos "penumbra"	52
4.6.5	Interferência luminosa	52
4.6.6	Dependência do pulso	52
4.6.7	Ritmo cardíaco.....	53
4.6.8	Hemoglobinas não funcionais.....	53
4.6.9	Pulsção venosa	53
4.6.10	Pintura de unha	54
4.6.11	Temperatura.....	54
5	Atendimento Pré-Hospitalar.....	55
5.1	Histórico do Atendimento Pré-hospitalar	55
5.2	A Atividade Pré-Hospitalar	57
5.3	Avaliação geral do paciente	58

5.3.1	Avaliação e dimensionamento da cena	60
5.3.2	Avaliação Inicial	60
5.3.3	Avaliação dirigida.....	65
5.3.4	Avaliação física detalhada	69
5.3.5	Avaliação ou assistência continuada	70
6	Aplicação do oxímetro no Atendimento Pré-hospitalar prestado pelo CBMSC...71	
6.1	Oximetria e Atendimento Pré-Hospitalar	71
6.1.1	Vantagens da aplicação oximetria de pulso no serviço de atendimento pré-hospitalar.....	72
6.1.2	Desvantagens da oximetria de pulso no serviço de atendimento pré-hospitalar	74
6.2	Definição do tipo de aparelho e tipo de sensor a ser utilizado pelas guarnições de APH.	74
6.3	Proposta de procedimento padrão para utilização do aparelho	76
6.3.1	Passagem de serviço	76
6.3.2	Nas ocorrências.....	77
6.3.3	Depois das ocorrências	79
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	80
	REFERÊNCIAS.....	84
	APÊNDICES.....	88

1 INTRODUÇÃO

O frequente incremento de equipes responsáveis por prestar primeiros socorros, vem ajudando a minimizar os casos de morte devido a acidentes e mal súbitos, porém sabe-se que um grande número de vítimas que falecem em decorrência de traumatismos e emergências médicas, poderiam ter sido salvas. Para isso, seria preciso que os conhecimentos de suporte básico da vida e as técnicas atualmente disponíveis fossem utilizadas corretamente, desde o local do acidente, durante o transporte, até a admissão ou internação da vítima nas unidades hospitalares. A potencialidade de recuperação desses acidentados cresce proporcionalmente a rapidez com que essas emergências são reconhecidas e adequadamente tratadas.

O Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina(CBMSC) atualmente é um dos principais órgãos de resposta às emergências Pré-Hospitalares na parte de suporte básico de vida. Por esse motivo é necessário que exista o desenvolvimento de pesquisas nesta área para que a corporação esteja sempre mais apta e atualizada ao atendimento adequado às vítimas emergenciais.

Sob esse ponto de vista e procurando atender a necessidade de melhoria no serviço de Atendimento Pré-Hospitalar(APH), este trabalho traz um estudo relacionado a um equipamento que vem crescendo em utilização, que necessita de estudos aprofundados e que se mostra muito eficiente no âmbito pré-hospitalar no suporte básico a vida.

O aparelho em questão é o oxímetro de pulso, que consiste em uma forma de monitoramento não invasiva de dois indicadores da saúde do organismo muito importantes: a taxa de saturação de oxigênio no sangue(SpO_2) e a frequência cardíaca.

O oxímetro de pulso realiza suas medições através de ondas de luz, emitidas por um sensor que fica fixo ao paciente. Dependendo do tipo de sensor em questão, ele pode ser conectado em locais como, a mão, o lóbulo da orelha ou a testa do paciente, proporcionando assim a constante aferição e monitoramento dos sinais para recolhimento das informações já mencionados.

Monitorar os sinais vitais é primordial para a correta avaliação do estado de saúde da vítima. Saber o que se passa com o paciente é fundamental para o desenvolvimento da conduta a seguir e das atitudes pertinentes a serem executadas para que a saúde da pessoa progrida positivamente ou se estabilize. Monitorar a taxa de saturação de oxigênio no sangue é importante para se evitar os males da hipóxia, que de forma resumida pode ser definida como a falta de fornecimento adequado de oxigênio ao organismo humano, o que pode resultar em morte ou seqüelas irreversíveis. A frequência cardíaca pode ser monitorada de outras formas sem a utilização do aparelho. No entanto, como o aparelho faz isto de forma automática e constante, poupa tempo ao socorrista e permite que ele possa se ater a outros cuidados para que a vítima chegue à melhor condição possível ao hospital.

Como pode ser visto, é incontestável a necessidade de se obter um parâmetro que indique, de forma rápida e confiável, a oxigenação e a frequência cardíaca apresentada pelo indivíduo socorrido, já que seu estado pode mudar de minuto para outro e pode alcançar perigosos níveis em um curto espaço de tempo. Constata-se, portanto, que o oxímetro de pulso é uma ferramenta valiosa para a saúde do paciente, principalmente no Atendimento Pré-Hospitalar na parte de suporte básico de vida.

O aparelho pode apresentar uma série de facilidades, entretanto, também apresenta algumas limitações, que devem ser observadas quando da sua utilização, para que se evitem erros que poderão resultar em diagnósticos equivocados por parte do socorrista.

Haja vista as facilidades do uso do aparelho, a importância da avaliação do paciente e da monitoramento de seus sinais vitais, este trabalho objetiva abordar aspectos importantes que têm relação com a oximetria de pulso e o APH. Serão mais bem explanados assuntos como, a importância da oxigenação sangüínea, como o oxigênio chega ao sangue, os princípios de funcionamento e limitações do aparelho em questão e as fases do Atendimento Pré-Hospitalar visando entender porque a aplicação do aparelho é adequada nesta atividade desenvolvida pela corporação e buscando propor um procedimento adequado para sua sua utilização.

1.1 Objetivo geral

Estudar a aplicação e propor um procedimento de utilização padrão do oxímetro de pulso como equipamento auxiliar na avaliação e monitoramento de pacientes, na Atividade de Atendimento Pré-Hospitalar destinada ao suporte básico a vida prestado pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina.

1.2 Objetivos específicos

- Demonstrar a importância do monitoramento da oxigenação sanguínea.
- Estudar o princípio de funcionamento do oxímetro de pulso e identificar as principais limitações na sua utilização.
- Descrever aspectos pertinentes da atividade pré-hospitalar relacionados principalmente a fases da avaliação geral do paciente.
- Avaliar as vantagens e desvantagens da utilização do aparelho na atividade de atendimento pré-hospitalar.
- Determinar a fase do atendimento aonde será aplicado o aparelho e os passos a serem seguidos para operação do mesmo.

2 Metodologia do trabalho

O presente trabalho de conclusão de curso possui caráter descritivo, conceituado por Marconi e Lakatos (2005), como o método de levantar informações sobre uma determinada temática, possibilitando avaliar e filtrar os dados, de acordo com o propósito basilar da pesquisa. A abordagem do trabalho se dá principalmente na forma qualitativa. Para atingir os objetivos deste trabalho foi utilizada a técnica de pesquisa documentação indireta, por meio da consulta em livros, apostilas, manuais, teses e dissertações, documentos digitais extraídos da internet, entre outros.

Nos primeiros capítulos será dada fundamentação teórica para entender sobre a importância do oxigênio para o organismo, princípios de funcionamentos e limitações do aparelho oxímetro de pulso, além de aspectos pertinentes da Atividade Pré-hospitalar. Em seguida baseando-se nessas informações será buscado definir, na última parte do trabalho, na forma de último capítulo, uma proposta de padrão de aplicação do oxímetro no atendimento pré-hospitalar prestado pelo CBMSC.

No último capítulo, primeiramente será discutida a forma como o aparelho é aplicado hoje no CBMSC e em outros prestadores de atendimento pré-hospitalar no país e no mundo, abrangendo a literatura nacional e internacional.

Na sequência serão descritas as vantagens e desvantagens da aplicação do aparelho no serviço de atendimento pré-hospitalar na parte de suporte básico a vida que é o foco do atendimento pré-hospitalar prestado pela corporação.

Ainda dentro do último capítulo serão discutidos os modelos de aparelho e os tipos de sensores aplicáveis mais adequados ao serviço de atendimento pré-hospitalar, discutindo-se as vantagens e desvantagens de cada um e as funções que um oxímetro deve apresentar para estar adequado ao Atendimento de Emergência.

Por fim será discutido a forma de aplicação do aparelho no serviço de APH. Em que fase do atendimento ele deve ser inserido, como os bombeiros devem proceder em relação à utilização do aparelho, antes da ocorrência, durante as ocorrências e após as mesmas, informando por fim procedimentos de manutenção do aparelho e descrevendo ainda aplicações menos relevantes do aparelho.

3 Corpo humano e o transporte de oxigênio

A oximetria de pulso é um método que monitora a saturação de oxigênio (SpO_2) no sangue. Para um posterior entendimento dos mecanismos da oximetria, é de suma importância que primeiramente se compreenda como o oxigênio é transportado pelo sangue no organismo humano.

O transporte do oxigênio envolve basicamente dois sistemas: o sistema cardiovascular e o sistema respiratório. O primeiro é responsável pelos aspectos relativos à circulação sanguínea e o segundo envolve toda a parte de captação do ar atmosférico e encaminhamento deste para os pulmões.

Através da interação entre os dois sistemas citados, será possível a existência do mecanismo de transporte do oxigênio, elemento fundamental para o funcionamento do organismo humano.

3.1 Sistema circulatório (Sistema Cardiovascular)

Uma das funções do sistema circulatório é levar material nutritivo e oxigênio às células. O sistema cardiovascular é um sistema fechado, sem comunicação com o exterior, constituído por tubos, que são chamados vasos, e por uma bomba percussora, o coração. O coração tem como função impulsionar um líquido circulante de cor vermelha (sangue) por toda a rede vascular e, portanto, efetivar o sistema de transporte de materiais.

O sistema circulatório é composto basicamente pelo sangue, pelo coração e pelos vasos sanguíneos. Ele ainda divide-se em duas circulações: a pulmonar e a sistêmica.

3.1.1 Circulação pulmonar e circulação sistêmica

Para melhor entendimento do sistema cardiovascular, normalmente a parte relativa à circulação é dividida em dois processos principais. Como pode ser observado na figura 1, a circulação é dividida em circulação sistêmica e circulação pulmonar. Guyton e Hall (1997, p.139) afirma que “como a circulação sistêmica supre com o

fluxo sanguíneo todos os tecidos do corpo, exceto os pulmões, ela também é freqüentemente designada como a grande circulação ou circulação periférica.”

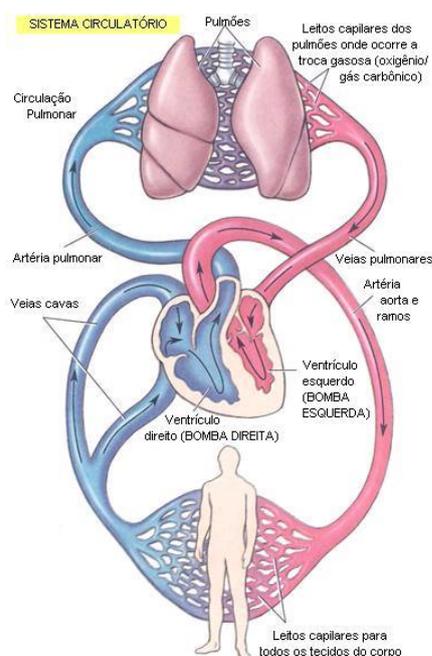
3.1.1.1 Circulação pulmonar

A Circulação Pulmonar leva sangue do ventrículo direito para os pulmões e de volta ao átrio esquerdo. Destina-se à troca de gases (gás carbônico por oxigênio). Ela transporta o sangue pobre em oxigênio para os pulmões, onde é liberado o dióxido de carbono (CO_2) e fornecido o oxigênio (O_2). O sangue oxigenado, então, retorna ao lado esquerdo do coração para ser bombeado para a circulação sistêmica. Em resumo é uma circulação entre pulmão e coração. (DANGELO; FATTINI, 2000)

3.1.1.2 Circulação sistêmica

A Circulação Sistêmica é a maior circulação; ela fornece o suprimento sanguíneo para todo o organismo. A circulação sistêmica carrega oxigênio e outros nutrientes vitais para as células, e capta dióxido de carbono e outros resíduos das mesmas. Trata-se de uma circulação entre os tecidos e o coração. (DANGELO; FATTINI, 2000)

Figura 1- Representação do sistema circulatório



Fonte: O autor, adaptado de Sistema..., (2008)

3.1.2 Coração

Para que o sangue possa atingir as células corporais e trocar materiais com elas, ele deve ser constantemente, propelido ao longo dos vasos sangüíneos. O coração é a bomba que, apesar de seu tamanho reduzido, promove a circulação de sangue por milhares de quilômetros de vasos sangüíneos.

Para Guyton e Hall (2002, p.115):

O coração constitui na realidade duas bombas distintas: o coração direito, que bombeia o sangue para os pulmões, e o coração esquerdo, que bombeia o sangue para os órgãos periféricos. Por outro lado, cada um desses corações é uma bomba pulsátil com duas câmaras, composta por átrio e ventrículo. O átrio funciona, principalmente, como fraca bomba de escorva para o ventrículo. O ventrículo, por sua vez, fornece a força principal que propela o sangue para a circulação pulmonar pelo ventrículo direito, ou para circulação sistêmica, pelo ventrículo esquerdo.

3.1.3 Ciclo cardíaco

De acordo com Guyton e Hall (1997, p.88) “O período do início de um batimento cardíaco até o início do batimento seguinte é denominado ciclo cardíaco”. O batimento cardíaco é a ação que faz com que o sangue seja bombeado para o organismo humano podendo ser distinguido pelo movimento coordenado dos átrios e ventrículos.

No ciclo cardíaco existem dois períodos distintos, um período de relaxamento, denominado diástole, durante o qual o coração se enche de sangue, e um período de contração, denominado sístole. (GUYTON; HALL, 1997).

Quando o coração bate, os átrios contraem-se primeiramente (sístole atrial), forçando a entrada de sangue nos ventrículos. Uma vez preenchidos, os dois ventrículos contraem-se (sístole ventricular) e forçam o sangue para fora do coração. O sangue finalmente atinge a rede de vasos onde dá-se início à circulação sangüínea, disponibilizada pela pressão realizada pelo coração (batimento cardíaco).

3.1.4 Vasos sanguíneos

Formam uma rede de tubos que transportam sangue do coração em direção aos tecidos do corpo e de volta ao coração. A rede de transporte sanguíneo pode ser dividida em sistema arterial, capilares e sistema venoso.

3.1.4.1 Sistema arterial

Constitui um conjunto de vasos que partindo do coração se ramificam, cada ramo em menor calibre, até atingirem os capilares. Do coração saem a artéria pulmonar e a artéria aorta. A primeira artéria mencionada relaciona-se com a circulação pulmonar, levando sangue venoso para os pulmões através de suas ramificações. Já a artéria aorta tem como função carregar sangue arterial para todo o organismo através de suas divisões.

A função das artérias é transportar sangue sob alta pressão até os tecidos. Por esta razão, as artérias têm fortes paredes vasculares e o sangue flui rapidamente por elas. As arteríolas são os pequenos ramos finais do sistema arterial, atuando como válvulas de controle pelas quais o sangue é lançado nos capilares. A arteríola tem forte parede muscular que é capaz de fechá-la totalmente ou possibilitar que ela se dilate por várias vezes, tendo, assim, a capacidade de alterar enormemente o fluxo sanguíneo para os capilares em resposta às necessidades dos tecidos. (GUYTON; HALL, 1997)

3.1.4.2 Capilares

Os capilares funcionam como ponte entre o sistema arterial e o sistema venoso. A função dos capilares é a de efetuar trocas de líquidos, nutrientes, eletrólitos, hormônios, gases e outras substâncias entre o sangue e as células. Para este fim, as paredes capilares são muito finas e permeáveis a pequenas substâncias moleculares. (GUYTON; HALL; 1997)

3.1.4.3 Sistema venoso

Formam um conjunto de vasos que partindo dos tecidos, apresentam ramos de maior calibre até atingirem o coração. É constituído por tubos chamados de veias

que tem como função conduzir o sangue dos capilares para o coração. As veias, também como as artérias, pertencem à circulação pulmonar e à circulação sistêmica.

As veias também servem como importante reservatório de sangue. Como a pressão no sistema venoso é muito baixa, as paredes venosas são finas. Mesmo finas, elas são musculares e isto possibilita que se contraiam ou expandam, agindo, pois, como reservatório de sangue extra, tanto em quantidade pequena como em grande, dependendo das necessidades do corpo. (GUYTON; HALL, 1997).

3.1.5 Sangue

Valcapelli e Gaspareto (2005) diz que o sangue percorre o sistema circulatório irrigando todos os tecidos do corpo. Leva substâncias nutritivas e o oxigênio necessário ao metabolismo orgânico. Estas substâncias nutritivas são constituídas por proteínas, gorduras, sais minerais, água, vitaminas, etc.

Ao sangue cabe também a função de transportar oxigênio para as células e servir de veículo para que elementos indesejáveis como o gás carbônico, que deve ser expelido pelos pulmões, e a uréia, que deve ser eliminada pelos rins, tenham seus fins corretos e assim garante que a expulsão dos mesmos seja efetivada pelo corpo humano. (VALCAPELLI; GASPARETO, 2005)

Sobre a formação do sangue, Junqueira e Carneiro (2004) descrevem que o sangue é formado pelos glóbulos sanguíneos e pelo plasma, parte líquida, na qual os primeiros estão suspensos. Os glóbulos sanguíneos são os eritrócitos ou hemácias, e no plasma encontram-se as plaquetas e diversos tipos de leucócitos ou glóbulos brancos.

Os glóbulos brancos são os leucócitos, verdadeiras células nucleadas, incumbidas da defesa do organismo. As plaquetas são fragmentos citoplasmáticos de células da medula óssea, implicadas diretamente no processo de coagulação sanguínea. (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004)

Devido ao interesse deste trabalho no que tange hemácias ou eritrócitos, estas serão melhor descritas no tópico seguinte.

3.1.5.1 Eritrócitos (Hemácias)

Os eritrócitos ou hemácias são anucleados e contém grande quantidade de hemoglobina, uma proteína transportadora de oxigênio (O₂). As hemácias possuem forma de disco bicôncavo como pode ser visto na figura 2. A forma bicôncava das hemácias facilita a troca de gases. (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004)

Figura 2 – Formato bicôncavo das hemácias



Fonte: Glóbulos..., (2008)

De acordo com Guyton e Hall (2002, p.457) “A principal função dos eritrócitos, também conhecidos como hemácias é transportar a hemoglobina, que por sua vez transporta o oxigênio dos pulmões para os tecidos”.

A hemoglobina que é carregada pelos eritrócitos, pode ser classificada em quatro tipos principais, de acordo com a sua função de transporte. São elas: hemoglobina funcional ou oxihemoglobina, desoxihemoglobina, carboxihemoglobina e metahemoglobina.

a) Oxihemoglobina (Hemoglobina funcional)

A oxihemoglobina ou hemoglobina funcional é a hemoglobina formada pela sua ligação com o oxigênio. Tem fundamental importância no fornecimento de oxigênio para o organismo. (TIRELO, 2006)

b) Desoxihemoglobina (Hemoglobina reduzida)

A desoxihemoglobina é a hemoglobina apta a receber oxigênio. De acordo com Motta (2003, p.213) “A desoxihemoglobina (hemoglobina reduzida) é desprovida de

oxigênio. Devido ao curto-circuito pulmonar e a outros fatores, nem toda a hemoglobina se reoxigena nos pulmões. Em geral, a quantidade de desoxihemoglobina está elevada no sangue venoso”.

c) Carboxihemoglobina

É um tipo de hemoglobina nociva ao ser humano, pois o monóxido de carbono (CO), que é responsável por sua formação, não é útil ao organismo e, além do mais, tem maior afinidade com a hemoglobina do que o oxigênio (O₂), como pode ser constatado no que escreve Motta (2003, p.212):

A carboxihemoglobina é um complexo hemoglobina-monóxido de carbono. É incapaz de transportar oxigênio. O organismo forma continuamente uma pequena quantidade de CO (destruição de hemoglobina na decomposição das hemácias) que mantém a concentração de 1% de COHb no sangue. A afinidade da hemoglobina pelo monóxido de carbono é 200 a 250 vezes maior do que pelo oxigênio. São necessários níveis elevados de pO₂ para deslocar o CO da hemoglobina.

O aumento na concentração de carboxihemoglobina é causado pela inalação de monóxido de carbono. Por isso, pessoas fumantes ou vítimas de acidentes envolvendo fogo apresentam elevadas taxas de carboxihemoglobina, que é eliminada rapidamente após cessada a causa do acréscimo na concentração desta hemoglobina especial e perigosa. (FERNANDES, 2001).

d) Metahemoglobina

Segundo Motta (2003, p.213) “A metahemoglobina é produzida quando o ferro na forma ferrosa (Fe²⁺) da hemoglobina se oxida para formar ferro na forma férrica (Fe³⁺)”. Essa oxidação faz com que haja incapacidade de transporte do oxigênio pelas hemácias.

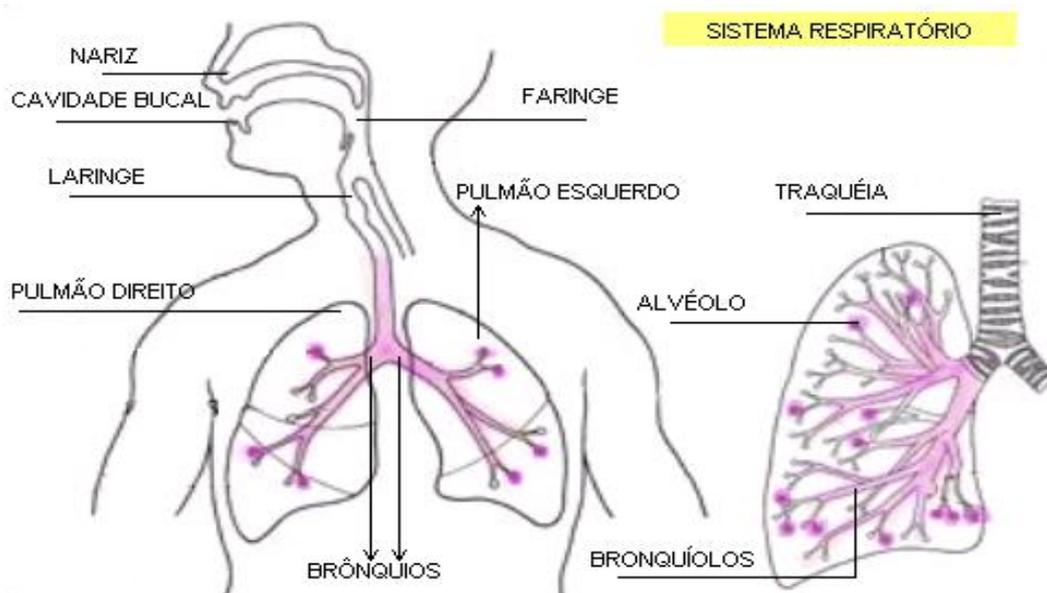
De acordo com Fernandes (2001) a metahemoglobina é o tipo de hemoglobina na qual as moléculas de O₂ são impossibilitadas de ligar-se a ela. A metahemoglobina pode ser congênita, ou seja, a pessoa pode nascer com uma elevada taxa desse tipo de hemoglobina, ou adquirida, através da intoxicação pelo nitrito ou pela reação tóxica a medicamentos oxidantes.

3.2 Sistema respiratório

A função do sistema respiratório é facultar ao organismo uma troca de gases com o ar atmosférico, assegurando permanente concentração de oxigênio no sangue. Uma mínima concentração desse gás é necessária para a realização de reações metabólicas e serve também como via de eliminação de gases residuais, que resultam dessas reações e que são representadas pelo gás carbônico.

O aparelho respiratório é constituído pelos pulmões e um sistema de tubos que comunica o parênquima pulmonar com o meio exterior. É costume dividir o aparelho respiratório em uma porção condutora (vias aéreas), que compreende o nariz, as cavidades nasais, laringe, faringe, traquéia, brônquios e bronquíolos e uma porção respiratória (onde ocorrem as trocas gasosas), composta pelos pulmões, conforme pode ser observado na figura 3. (JUNQUEIRA; CARNEIRO, 2004).

Figura 3 - Representação simplificada do Sistema respiratório



Fonte: O autor, adaptado de Contanatura..., (2008)

3.2.1 Nariz e cavidade nasal

A cavidade nasal começa nas narinas e faz comunicação interna com a nasofaringe através das coanas, localizadas na faringe. Divide-se em porção esquerda e direita

por intermédio do septo nasal, que pode apresentar desvios que dificultam a respiração.

Na parte correspondente ao teto das fossas nasais, existem as células sensoriais, reponsáveis pelo sentido do olfato, e em seu interior também encontram-se as conchas nasais, estruturas extremamente vascularizadas cuja finalidade é umedecer e aquecer o ar inspirado. (DÂNGELO; FATTINI, 2000)

3.2.2 Faringe

Situada atrás das cavidades bucal e nasal, a faringe divide-se em traquéia e esôfago em sua parte inferior. Segundo Dangelo e Fattini (2000, p.111) “Trata-se de um canal que é comum à passagem do alimento ingerido e do ar inspirado, e no seu trajeto, as vias seguidas pelo bolo alimentar e corrente aérea, se cruzam”.

3.2.3 Laringe

É um órgão tubular situado no plano mediano do pescoço, que além de via aérea é um órgão de fonação, ou seja, de produção de som. É anterior a faringe e continuada pela traquéia. (DANGELO; FATTINI, 2000)

3.2.4 Traquéia

É formada por um tubo de tecido fibroso e aparece como continuação da laringe. Seu epitélio tem revestimento muco-ciliar que adere as impurezas (bactérias entre outras partículas) que estão misturadas ao ar inalado, as quais são varridas pelo movimento dos cílios e posteriormente engolidas ou expelidas.

Ao mesmo tempo em que a traquéia possui mobilidade e flexibilidade, é dotada de rígida estrutura, suficiente para impedi-la de entrar em colapso, visto que se desloca durante a respiração e com os movimentos da laringe. Em sua extremidade inferior, divide-se nos dois brônquios principais, direito e esquerdo, que se dirigem para os pulmões. (DANGELO; FATTINI, 2000)

3.2.5 Brônquios e bronquíolos

Com constituição parecida com a da traquéia, os brônquios penetram nos pulmões se ramificando em tubos menores chamados bronquíolos. Os bronquíolos continuam para dentro dos pulmões em sucessivas divisões até chegar aos alvéolos, constituindo a árvore brônquica. (DANGELO; FATTINI, 2000)

3.2.6 Pulmões

O pulmão é uma estrutura elástica que funciona à semelhança de um balão e expelle todo seu ar pela traquéia toda vez que não houver uma força para mantê-lo insuflado. O pulmão literalmente flutua na caixa torácica, protegido pela pleura que contém o líquido pleural, lubrificando os movimentos dos pulmões no interior da cavidade. (GUYTON; HALL, 1997).

Dentro dos pulmões na extremidade de cada bronquíolo existem dúzias de cavidades semelhantes a bolhas cheias de ar (alvéolos), que apresentam um aspecto de cachos de uva. Cada pulmão contém milhões de alvéolos e cada alvéolo é circundado por uma densa rede de capilares. As paredes extremamente delgadas dos alvéolos permitem que o oxigênio passe do seu interior para o sangue dos capilares e também que o dióxido de carbono passe do sangue capilar para o interior dos alvéolos. (BERKOW, 2002).

3.2.7 Respiração

A respiração compreende todo o processo de entrada e saída de ar nos pulmões. Ela é caracterizada basicamente por dois movimentos: o processo ativo, onde ocorre a contração muscular, chamado de inspiração e o processo passivo, onde os músculos não atuam durante o período de relaxamento, denominado expiração.

De acordo com CBMSC (2008b) durante a inspiração (inalação), o diafragma e os músculos das costelas se contraem, aumentando a cavidade torácica.

Bergeron et al., (2007 p.98) complementa:

Ao iniciar a inspiração, há um aumento do tamanho da cavidade torácica e uma queda de pressão no interior dos pulmões. Quando isso ocorre os pulmões expandem-se automaticamente. Todos sabem que o ar movimenta-se de locais de alta pressão para os de baixa pressão. Assim quando os pulmões se expandem e a pressão interna cai, tornando-se menor que a da atmosfera, o fluxo de ar vai do meio ambiente para dentro dos pulmões de modo contínuo, até que a pressão interna dos pulmões fique igual a pressão atmosférica.

Já durante a expiração, o diafragma e os músculos das costelas se relaxam e, à medida que isso acontece, a cavidade torácica diminui de tamanho. (CBMSC, 2008b)

Na expiração acontece o inverso da inspiração. Devido à diminuição do volume da caixa torácica e conseqüentemente o aumento da pressão interna, o fluxo de ar sai dos pulmões (maior pressão) para o meio ambiente (menor pressão).

3.3 Interação sistema respiratório e sistema circulatório

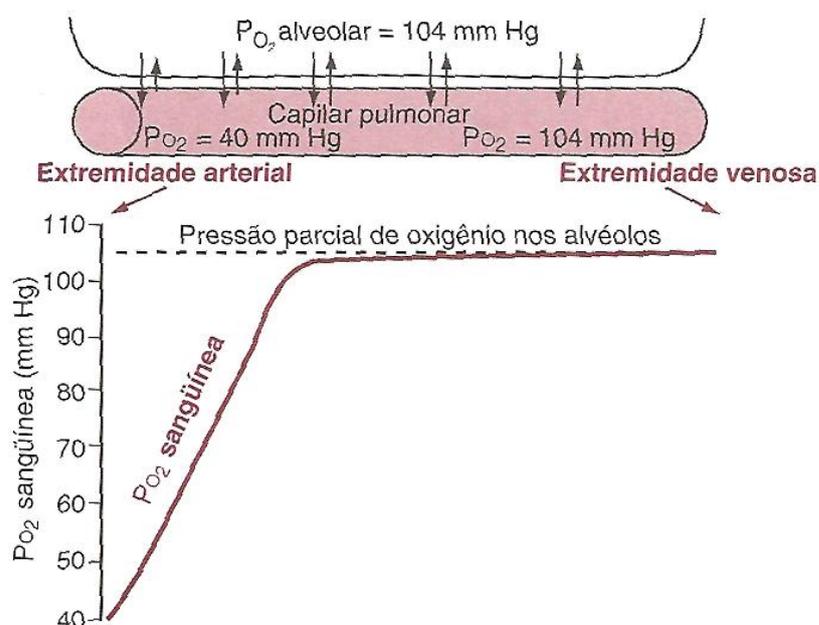
O movimento das moléculas de oxigênio (O_2) da atmosfera até os tecidos requer o funcionamento integrado das vias aéreas, pulmões, coração, sangue e rede vascular que compõem um complexo sistema de transporte.

Através do processo de inspiração o ar atmosférico penetra o corpo humano e percorre as vias aéreas atingindo os pulmões. Já nos alvéolos o oxigênio é transferido para o sangue pelo processo de difusão.

A causa do processo de difusão é sempre uma diferença de pressões entre dois pontos. Assim, o oxigênio difunde-se dos alvéolos para o sangue existente nos capilares pulmonares porque a pressão de oxigênio nos alvéolos é maior do que a pressão de oxigênio do sangue que passa pelo capilar dos pulmões. Similarmente, nos tecidos essa pressão é mais alta no sangue capilar ocasionando uma difusão de oxigênio para as células. Inversamente, quando o oxigênio é metabolizado nas células e dá origem ao dióxido de carbono, a pressão do dióxido de carbono alcança um valor elevado, o que faz com que essas moléculas se difundam para os capilares dos tecidos. (GUYTON; HALL, 2002)

3.3.1 Captação de oxigênio pelo sangue pulmonar

Figura 4 – Captação de O_2 pelo sangue pulmonar



Fonte: Guyton e Hall (2002, p. 435)

A parte superior da figura 4 representa um alvéolo pulmonar adjacente a um capilar pulmonar, ilustrando a difusão de moléculas de oxigênio entre o ar alveolar e o sangue capilar pulmonar.

Guyton e Hall (2002, p. 435) descreve o processo de captação de oxigênio pelo sangue da seguinte forma:

A pressão parcial de oxigênio no ar alveolar (pA_{O_2}) é, em média, de 104 mmHg, ao passo que a pressão parcial de oxigênio no sangue venoso misto ($P_{V_{O_2}}$) que chega aos capilares pulmonares é, em média, de apenas 40 mmHg, pois uma grande quantidade de oxigênio é removida do sangue à medida que ele passa pelos tecidos periféricos. Assim sendo, a diferença de pressões que *inicialmente* é responsável pela difusão do oxigênio para dentro dos capilares pulmonares é de $104 - 40 = 64$ mmHg. A curva localizada abaixo do capilar mostra a rápida elevação da pO_2 (pressão de oxigênio) sangüínea, à medida que o sangue passa pelo capilar, e revela que a pO_2 se torna praticamente idêntica à do ar alveolar no momento em que o sangue acaba de percorrer a primeira terça parte do comprimento do capilar, chegando quase a 104 mmHg. (GUYTON; HALL, 2002, p. 435).

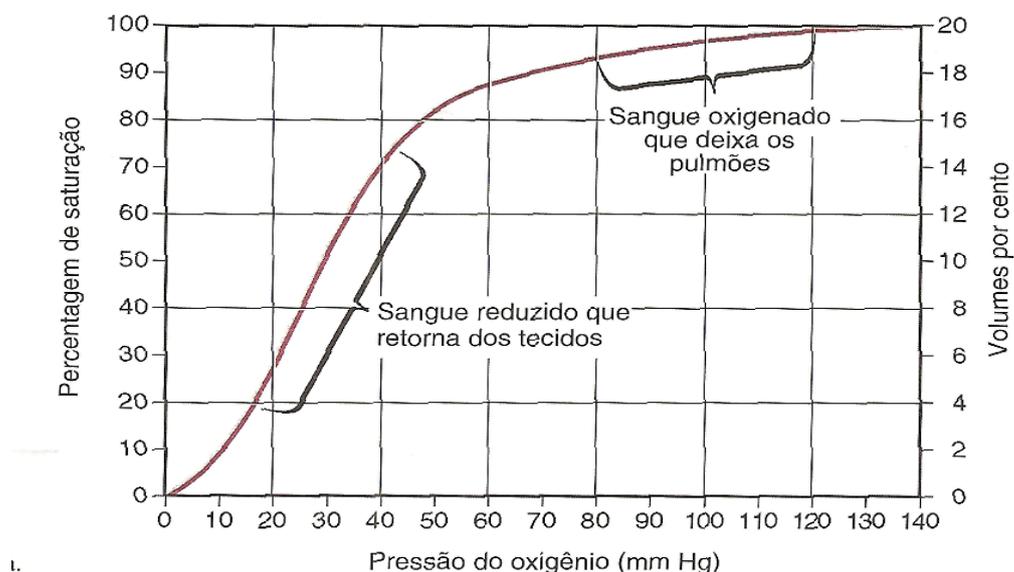
O oxigênio oferecido pelos alvéolos é captado pela hemoglobina, que, assim, se converte de seu estado reduzido (desoxihemoglobina) para a forma oxigenada (oxihemoglobina).

3.3.2 Percentagem de saturação de oxigênio no sangue arterial

Aproximadamente 98% do sangue que chega aos pulmões são oxigenados até atingir uma pO_2 muito próxima dos 104 mmHg dos alvéolos. No entanto, existem os 2% restantes que são destinados à nutrição do pulmão. Estes 2% fornecem oxigênio para que o pulmão realize suas funções e depois se misturam ao sangue que retorna ao coração para serem bombeados para o organismo, reduzindo a pO_2 normal do sangue arterial fornecido para 95 mmHg. (GUYTON e HALL, 2002)

A Figura 5 ilustra a curva de dissociação do oxigênio-hemoglobina, mostrando aumento progressivo da percentagem de hemoglobina que se liga ao oxigênio à medida que a pO_2 aumenta.

Figura 5 – Curva de dissociação oxigênio hemoglobina



Fonte: Guyton e Hall (2002, p. 435)

De acordo com Guyton e Hall (2002, p.437) “Esse processo é denominado percentagem de saturação da hemoglobina. Como o sangue que deixa os pulmões e

penetra nas artérias possui geralmente pO_2 de cerca de 95 mmHg, podemos verificar, com base na curva apresentada, que a saturação normal do oxigênio do sangue arterial sistêmico, [ou seja percentual de moléculas de hemoglobina carregando oxigênio], é de cerca 97%”.

3.4 Importância do nível adequado de oxigênio no sangue

3.4.1 Hipoxemia e hipóxia

Primeiramente para que se entenda a importância da oxigenação adequada do sangue, deve-se diferenciar dois conceitos importantes que são bastante confundidos. Hipoxemia e Hipóxia.

De acordo com Lutke (2008) define-se hipoxemia como “o teor reduzido de oxigênio no sangue arterial, capilar ou venoso ou ainda da redução da saturação da hemoglobina. As causas mais comuns de hipóxia nos tecidos são a hipoxemia e a isquemia - fluxo sangüíneo inadequado para determinado órgão”.

Ainda de acordo com Lutke (2008) a hipóxia é definida como:

A hipóxia, ou a reduzida oferta de oxigênio aos tecidos, desencadeia uma série de reações que afetam, por um lado a produção de fosfatos de alta energia, vitais ao metabolismo celular; por outro o desequilíbrio iônico acaba por levar ao influxo de cálcio para o ambiente intracelular, o que determina a ativação de inúmeras enzimas catalisadoras de reações que dão origem a compostos citotóxicos (que intoxicam as células).

Como pode ser constatado a hipoxemia pode ser resultado da baixa saturação de O_2 no sangue e é uma das causas de hipóxia, não sendo, como de costume é abordado, sinônimo uma da outra. Guyton e Hall (2002) ainda aponta outras causas da hipóxia como, intoxicação, deficiências circulatórias generalizadas etc.

As causas que originam a hipoxemia variam muito, mas geralmente estão relacionadas a problemas como, obstrução de vias aéreas, pneumonias, enfisemas, traumas como, por exemplo, a embolia (que gera o rompimento dos alvéolos pulmonares), hemorragias entre outras.

3.4.2 Efeitos da hipóxia sobre o organismo

O oxigênio constitui-se no que poderíamos considerar o combustível das células do corpo humano. Sem um suprimento contínuo e adequado de oxigênio, as células entram em colapso e podem acabar morrendo. Cada célula viva no organismo requer um suprimento constante de oxigênio; algumas são mais dependentes de um suprimento constante de oxigênio que outras.

De acordo com CBMSC (2008b) “As células do encéfalo e sistema nervoso podem morrer após 4 a 6 minutos sem oxigênio. Essas células nunca podem ser substituídas, resultando em danos permanentes por essa lesão”. Outras células do corpo não são tão dependentes do suprimento de oxigênio porque podem suportar certos períodos anaeróbicos (sem oxigênio) e ainda assim, se reproduzirem completamente.

A tabela 1 foi formulada a partir de dados publicados por Limmer e O’Keefe (2005) e representa o grau de hipoxemia relativa à saturação de oxigênio no sangue. Os mesmos dados são referenciados por Philips et al., (2002) e. É importante ressaltar que alguns autores consideram valor normal 93% ou ainda 97%, no entanto os valores abaixo referenciados serão tomados como base para este trabalho devido ao fato de que são os valores mais frequentemente encontrados na literatura.

Tabela 1 – Estados de hipoxemia de acordo com o nível de saturação de O₂.

Nível de saturação de oxigênio no sangue	Estado
Acima de 95% até 100%	Normal
Entre 90% e 95%	Hipoxemia pouco significativa
Entre 85% e 90%	Hipoxemia significativa
Abaixo de 85%	Hipoxemia severa

Fonte: O autor, adaptado de Limmer e O’Keefe (2005)

À medida que a saturação de oxigênio no sangue diminui, ocorre um aumento do grau de hipoxemia que por consequência resultará em um aumento dos efeitos nocivos da hipóxia. Guyton e Hall (2002, p. 459) afirma que “A hipóxia quando grave o suficiente, pode causar a morte das células de todo corpo; entretanto, quando ocorre em graus menos intensos, acarreta principalmente, depressão da atividade mental, culminando, algumas vezes em coma, e redução da capacidade de trabalho dos músculos”.

A hipóxia apresenta alguns sinais e sintomas, dentre os quais destacam-se a dispnéia e a cianose.

A cianose consiste em um sintoma onde a tonalidade da pele da pessoa passa para um tom azulado, gerado pela quantidade excessiva de desoxihemoglobina (que tem coloração azul escura) nos vasos sangüíneos da pele, sobretudo nos capilares. Este fato quer dizer que a quantidade de hemoglobina que não carrega oxigênio é maior que aquela carregando oxigênio, o que por sua vez pode apontar um caso de hipóxia. (GUYTON; HALL, 2002)

A dispnéia é também conhecida como “fome de ar”. É resultante da sensação sentida pelo indivíduo de que o ar inspirado é insuficiente para suprir a demanda de ar. (GUYTON; HALL, 2002).

Pode-se perceber que a hipóxia resulta da hipoxemia e é um mal bastante grave, sendo assim demanda muita atenção. Logo que descoberta, deve ser tratada tomando-se as devidas precauções, dessa forma, pode-se evitar seqüelas e até mesmo a morte, sendo que um dos meios mais rápidos para sua descoberta é através do oxímetro de pulso

4 Oximetria de pulso

A oximetria de pulso trata-se de um método de avaliação simples e não invasivo, que permite determinar de modo contínuo a saturação de oxigênio do sangue arterial e também a frequência cardíaca.

O aparelho oxímetro de pulso funciona através da aplicação de dois princípios que são a espectrofotometria, ou seja, a medição da concentração de substâncias através da absorção de luz; e a fotopleletismografia, em que o volume de sangue arterial nos tecidos e a absorção de luz por esse sangue se alteram durante a pulsação. O oxímetro de pulso determina a saturação de oxigênio pela hemoglobina (SpO₂) através de um sensor (probe) conectado ao paciente, através do qual são emitidos dois comprimentos de onda, pelo leito arteriolar e medindo as mudanças na absorção de luz, pela hemoglobina, durante o ciclo cardíaco.

A transmissão de luz através da pele, tecidos, veias e capilares é constante, e com a pulsação arterial o sangue oxigenado entra no tecido, alterando as suas características de reflexão e absorção de luz.. A diferença entre os dois componentes de luz absorvida pulsátil (arterial) e não pulsátil (venosa) é medida pelo aparelho, que calcula a saturação da hemoglobina do sangue arterial.

O aparelho é amplamente utilizado, em virtude da facilidade de manipulação e boa tolerabilidade pelo paciente. Uma boa compreensão da informação fornecida pelos oxímetros de pulso, bem como a capacidade de tomar as decisões apropriadas em função do estado de oxigenação, garante prévio diagnóstico, visto que a oximetria de pulso tem sido usada como a principal técnica de observação da saturação do oxigênio da hemoglobina, em todas as situações que comportam riscos de hipóxia. (ROCHA, 2006)

O objetivo deste capítulo é fornecer embasamento sobre a oximetria de pulso, abrangendo seu histórico, princípio de funcionamento, modelos de aparelhos, tipos de sensores e limitações técnicas da sua utilização.

4.1 Histórico da oximetria de pulso

Registros do início da utilização das técnicas de oximetria datam da década de 1930, quando investigadores alemães usando espectrofotômetros (instrumentos que medem comprimentos de onda e intensidades diferentes de luz) pesquisaram a transmissão de luz através da pele. Em 1934, um pesquisador relatou ter medido a saturação de oxigênio no sangue de animais com veias obstruídas. (HISTORY..., 2008)

Em seres humanos as primeiras medições eram feitas no lóbulo da orelha. O lóbulo era comprimido a uma pressão de 200 mmHg e fazia-se uma medição; após, o lóbulo era descomprimido e efetuava-se uma segunda medição. A diferença entre as duas medidas aferia a saturação de oxigênio. O processo de compressão do lóbulo da orelha era utilizado para retirar o sangue da região de medição, este processo era realizado para calibração do equipamento e referência para a segunda medida. (FERNANDES, 2001)

Entre 1940 e 1942, o fisiologista inglês Glen Alan Milikan, desenvolveu um equipamento óptico baseado em dois comprimentos de onda. Quando o aparelho era colocado no lóbulo da orelha, fornecia de maneira contínua o valor da saturação de oxigênio. Pouco demorou até sua efetiva utilização para aperfeiçoamento de cálculos da saturação de oxigênio no sangue, já que durante a segunda guerra mundial, surgiu grande interesse por parte dos militares no desenvolvimento das técnicas de oximetria, pois existia a necessidade de avaliação da influência da altitude na oxigenação dos pilotos de aviões. (HISTORY..., 2008)

Em 1947, Julius Comroe usou um oxímetro de orelha primitivo para conduzir um estudo clássico, que demonstrou a imprecisão da utilização de sinais clínicos para prevenir cianoses. Nesse estudo, voluntários inalavam diferentes percentuais de oxigênio a fim de produzir vários graus de saturação desse gás. Após 3.673 observações, concluiu-se que a equipe médica utilizada no estudo não era apta a detectar cianoses sem o auxílio da oximetria antes dela tornar-se severa (SpO_2 , ← 80%). (FERNANDES, 2001)

Esse estudo contribuiu muito para a difusão da oximetria de pulso na medicina clínica, mostrando que a saturação de oxigênio podia ser medida facilmente e de forma não invasiva. Percebeu-se que estados curáveis de hipóxia só seriam detectados com o uso do aparelho. Dessa forma começou a sua utilização pelas equipes clínicas que, sem a ajuda do aparelho, só conseguiam detectar casos extremos, e em sua maioria, incuráveis. (TREMPEL, 1989 apud FERNANDES 2001).

Em 1964, um cirurgião de São Francisco desenvolveu um oxímetro que trabalhava com oito comprimentos de onda, o qual começou a ser comercializado por Hewlett Packard (HP) na década de 1970. A aparelhagem era muito grande, pesando aproximadamente 15 kg. Tinha um receptor de tamanho exagerado e de manuseio complicado, além do mais a unidade era cara (aproximadamente \$10,000.00). Mesmo assim este sistema foi usado em ambientes clínicos para o monitoramento da saturação de oxigênio do sangue. (HISTORY..., 2008)

O oxímetro da HP tinha uma precisão em torno de 3% e um tempo resposta próximo de 1,5 segundos. O equipamento possuía a desvantagem de utilizar cabos de fibra óptica para transmitir o sinal luminoso até o lóbulo da orelha e para o retorno do sinal transmitido ao equipamento. Isso tornava o equipamento de difícil manuseio.

Aoyaki, em meados da década de 1970, usou a pulsatividade do sinal absorvido pelo sangue arterial para diferenciá-lo dos sinais obtidos pelos outros tipos de tecidos, que possuíam absorção constante. Surgiu então a técnica conhecida como oximetria de pulso a qual representou uma revolução na área da oximetria. (FERNANDES, 2001)

Os primeiros oxímetros de pulso foram fabricados no Japão. Esse equipamento também utilizava cabos de fibra óptica para transmissão do sinal luminoso o que tornava o sensor pesado e de difícil utilização. Era um oxímetro de pulso que utilizava sensor de dedo e usava apenas dois comprimentos de onda de sinal luminoso para determinação da saturação de oxigênio. (FERNANDES, 2001)

O engenheiro Scott Wibber produziu duas mudanças significativas no oxímetro de pulso, as quais facilitaram sua utilização no monitoramento de pacientes em estabelecimentos assistenciais de saúde. Ele confeccionou o sensor utilizando dois LEDs e um fotodetector, o que tornou o sensor mais leve e de fácil manuseio. Wibber também incorporou um microprocessador ao equipamento, permitindo ao oxímetro de pulso, o processamento dos dados recebidos pelos pacientes com maior confiabilidade, devido à utilização de softwares mais complexos e robustos. (FERNANDES, 2001)

Na atualidade existem muitos fabricantes de oxímetros de pulso. Todos oferecem uma variedade de oxímetros, com leituras de oxigenação e pulso arterial, alarmes, etc. Embalagens e displays podem ser diferentes, mas todos os aparelhos utilizam um método similar de medir a saturação de oxigênio no sangue: dois comprimentos de onda, uma vermelha e outra infravermelha. O que diferenciará os aparelhos é a qualidade de processamento dos dados coletados e precisão, uma vez que existem determinados problemas que interferem e distorcem a leitura obtida pelo aparelho. (HISTORY..., 2008)

4.2 Teoria da oximetria

A oximetria de pulso está baseada em dois princípios físicos: a presença de um sinal pulsante, gerado pelo sangue arterial (plestimografia) e o fato de que a oxihemoglobina e a hemoglobina reduzida possuem espectros de absorção diferentes (espectrofotometria).

4.2.1 Espectrofotometria e plestimografia

A espectrofotometria trata-se de uma técnica em que se mede a concentração de uma dada substância baseando-se na sua taxa de absorção de luz, para determinado comprimento de onda. De acordo com Fernandes (2001, p.20):

A espectrofotometria consiste em uma técnica pela qual se pode determinar a concentração de uma substância em uma solução através do uso da energia luminosa. A energia luminosa, de comprimento de onda conhecido, incide através de um compartimento de largura conhecida que contém a substância a ser analisada. Parte da energia luminosa é absorvida na

solução e a parcela de energia transmitida é captada do outro lado por um fotodetector.

Sobre a plestimografia POBLET et al., (1988 apud FERNANDES 2001, p.21) afirma que:

A plestimografia é uma técnica utilizada para medir variações de volume. Um dos maiores interesses na plestimografia é a medição das variações de volume do sangue arterial nas extremidades do corpo (pé, mão, lóbulo da orelha, nariz). As variações do volume são devidas à pulsação sanguínea.

Existem vários tipos de plestimografia, entre elas a plestimografia de impedâncias e a plestimografia de câmara. Porém a utilizada na oximetria de pulso é a fotoplestimografia, que é definida por Fernandes (2001, p.22) como:

A fotoplestimografia consiste na transmissão de luz por um leito vascularizado para detecção de variações no volume do sangue. Esta técnica é baseada no fato de a luz ser transmitida de modo satisfatório no leito capilar, entretanto, variações no volume a cada pulsação sanguínea mudam a absorção, dispersão e reflexão da luz através do sangue.

Tanto a espectrofotometria quanto a fotoplestimografia baseiam-se na luz para realizar suas medições, o que difere uma da outra é que enquanto a espectrofotometria mede a concentração de uma substância, a fotoplestimografia mede a variação de volume sanguíneo através da variação da absorção da luz.

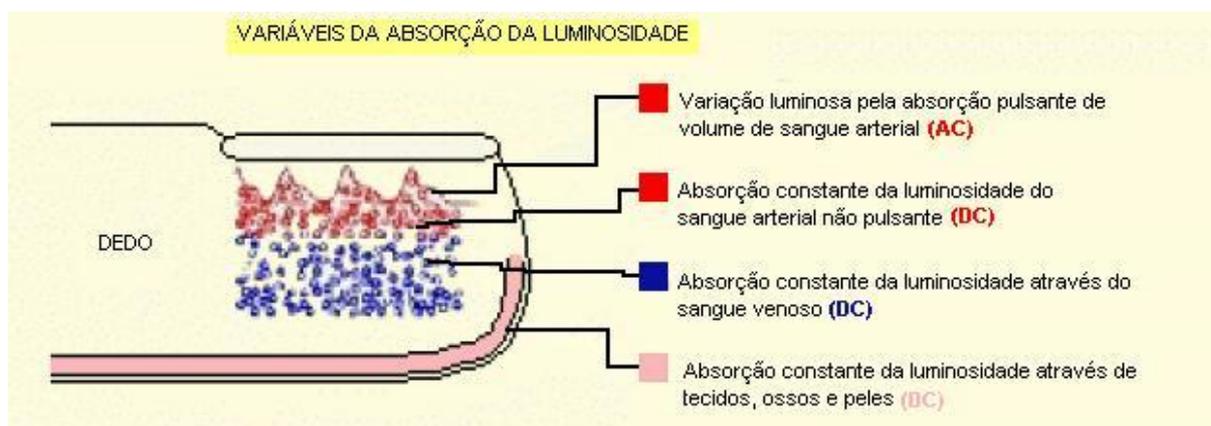
4.2.2 Componentes de absorção

As medidas de absorção de luz são feitas levando-se em consideração componentes constantes e variáveis. Quando um sinal é transmitido através de uma estrutura do corpo humano, este é absorvido pelos diversos elementos constituintes desta estrutura. Além disso, o sinal pode ainda sofrer reflexão, refração ou dispersar-se pelos tecidos. (FERNANDES, 2001)

Para separar devidamente a absorção de luz do sangue arterial daquela provocada pelos outros elementos envolvidos, utilizam-se componentes de diferenciação como pode ser visto na figura 6. Para o sangue arterial, que é pulsátil, tem-se uma variação na assimilação da luz durante o ciclo cardíaco. Para essa variação, denomina-se componente AC. As outras partes atingidas apresentam uma taxa de

absorção constante, como por exemplo, os tecidos, e para essa taxa denomina-se componente DC. (FERNANDES, 2001)

Figura 6 – Componentes de absorção



Fonte: O autor, adaptado de Bodaczny (2007)

O fato de ser medida a variação de absorção de luz devido à variação da pulsação, faz com que o oxímetro de pulso também forneça a frequência cardíaca, pois o intervalo entre a absorção máxima de luz e a absorção mínima, constitui um ciclo cardíaco. Daí a origem do nome oximetria de pulso, pois as medidas levam em conta a absorção de luz pelo sangue durante o ciclo cardíaco, ou seja, durante a pulsação sanguínea. (PRINCIPLES..., 2008)

4.2.3 Funcionamento do oxímetro

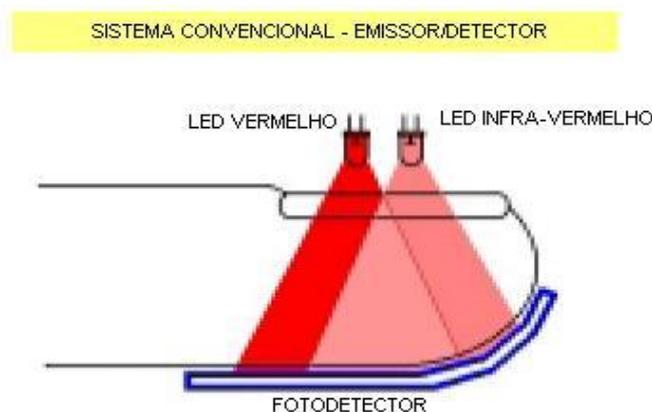
Existem duas técnicas de funcionamento para os oxímetros de pulso: a oximetria por reflexão de luz e a oximetria por transmissão de luz.

A oximetria por reflexão de luz é menos utilizada. Consiste na medição da SpO_2 através da reflexão do sinal luminoso pelos tecidos. Moyle (1998, apud FERNANDES, 2001 p.26) diz que “Na oximetria por reflexão de luz, o sinal emitido pelos LEDs atravessa o leito vascularizado, é refletido pelos tecidos e captado por um fotodetector posicionado no mesmo lado dos LEDs.”

A oximetria por transmissão de luz é o tipo de oximetria utilizada na grande maioria dos casos e difere da oximetria por reflexão de luz pelo fato de que a luz atravessa

os tecidos e é recepcionada por um sensor do outro lado dos LEDs. Isto significa que o emissor e o fotodetector são opostos um ao outro (com o local a ser medido entre ambos) e, através da passagem da luz, obtém-se o SpO₂ requerido. (ADLER, 1998 apud BODACZNY, 2007) Esse método é representado na figura 7.

Figura 7 – Método de transmissão de luz



Fonte: Principes..., (2008). Adaptado pelo autor

O funcionamento do oxímetro de pulso é baseado nos diferentes níveis de absorção de luz vermelha e infravermelha pela oxihemoglobina e pela desoxihemoglobina para os diferentes comprimentos de onda utilizados. A hemoglobina oxigenada absorve mais luz infravermelha e permite que a luz vermelha a atravesse. A hemoglobina desoxigenada (ou reduzida) absorve mais luz vermelha e permite que a luz infravermelha a atravesse. Na oximetria de pulso os comprimento de onda variam entre 600 nm e 750 nm para luz vermelha e de 850 a 1000 nm para a infravermelha. (ADLER et al., 1998 apud BODACZNY, 2007). Esses comprimentos de onda devem-se ao fato de que abaixo de 600 nm, a melanina pigmento da pele, provoca uma alta absorção do sinal luminoso. Acima de 1000 nm, a água presente nos tecidos é que aumenta consideravelmente a absorção da energia luminosa(MOYLE, 1998 apud FERNANDES, 2001)

O sinal luminoso emitido pelos LEDs atravessa o leito vascularizado e a componente do sinal luminoso é absorvida. Depois de transmitidos, cada comprimento de onda é

captado pelo sensor, sendo enviado ao circuito eletrônico do equipamento para processamento. (FERNANDES, 2001)

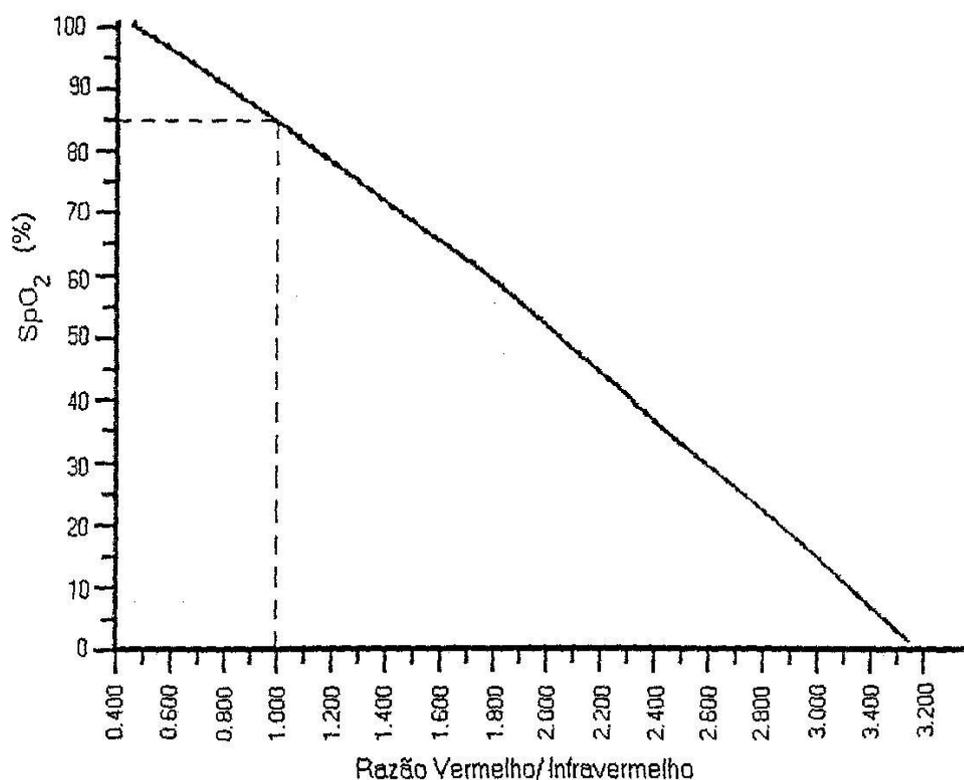
Captado o sinal de luz que atravessou os tecidos, o aparelho então realiza um cálculo levando em conta a quantidade de luz vermelha e infravermelha absorvida, tanto pela componente AC como pela componente DC. Os sinais vermelho (R) e infravermelho (IR) que atravessam o local a ser medido, são recebidos pelo fotodetector, e a relação R/RI é calculada. O R/RI é comparado com valores tabelados para converter os valores obtidos em um equivalente de SpO₂. (BODACZNY, 2007)

Fernandes (2001, p.35) explica que “Através do processo de calibração do oxímetro de pulso durante o processo de desenvolvimento do equipamento, cada fabricante cria uma tabela que relaciona a razão vermelho/infravermelho a um valor de saturação de oxigênio da hemoglobina do sangue arterial (SpO₂)”.

Esta tabela baseia-se na curva como a mostrada na figura 8, tipicamente utilizada para a conversão já mencionada. Depois de medida, a informação fica armazenada no aparelho que realizará a conversão e indicará a taxa de SpO₂ correspondente ao valor R/RI calculado. Identificado o valor este é então mostrado no display do aparelho, juntamente com a frequência cardíaca obtida.

De acordo com Bodaczny (2007) a maioria dos fabricantes tem uma metodologia própria de conversão baseado em curvas de calibração derivadas de cobaias saudáveis submetidas a vários níveis de SpO₂. Geralmente uma relação R/RI de 0.5 equivale a aproximadamente 100% SpO₂. Já uma relação de 1.0 mostra uma queda na concentração de SpO₂, para aproximadamente 85%, como demonstrado na figura 8.

Figura 8 - Gráfico de conversão de R/RI para SpO₂



Fonte: O autor, adaptado de BRANSON et al. (1995) apud FERNANDES (2001)

4.3 Modelos de oxímetros de pulso

Existem vários modelos de oxímetros de pulso dentre os quais quatro destacam-se como os modelos mais comuns no mercado. São eles: de dedo, fixado no pulso, de mão, e os de mesa, que são aqueles que necessitam de alguma estrutura para permanecer apoiado (na parede, sobre uma mesa, etc.)

4.3.1 Oxímetro de dedo

Na figura 9 pode-se observar um modelo de oxímetro de dedo. Estes oxímetros caracterizam-se por serem pequenos e muito fáceis de carregar. São projetados para serem colocados diretamente nos dedos dos pacientes.

Figura 9 – Oxímetro de dedo



Fonte: Kendrick (2008, p. 196)

4.3.2 Oxímetro fixado no pulso

Os oxímetros de pulso, a exemplo dos de dedo, são pequenos e portáteis, fáceis de usar e dependem de baterias. Como pode ser visto na figura 10 são projetados para ficarem presos ao pulso do paciente com um sensor conectado ao seu dedo. O fato de ficarem presos ao pulso dificulta que o aparelho se solte e facilita a monitoramento, diminuindo a margem de erro da leitura.

Figura 10 – Oxímetro fixado no pulso



Fonte: Kendrick (2008, p. 193)

4.3.3 Oxímetro de mão

Na figura 11 localiza-se a imagem de um oxímetro de mão. Estes aparelhos têm tamanho maior que os oxímetros de dedo e pulso, no entanto também são portáteis. Devido ao seu tamanho podem carregar mais informações e funções que os

modelos já citados. São projetados para serem utilizados na mão do operador com o sensor conectado ao paciente e ligado ao aparelho através de um cabo.

Figura 11 – Oxímetro de mão



Fonte: Kendrick (2008, p. 203)

4.3.4 Oxímetro de mesa

São oxímetros maiores, projetados para ficarem apoiados sobre alguma estrutura com sensor conectado ao paciente e conectado ao aparelho através de um cabo. Por este motivo não são considerados portáteis, como pode-se observar na figura 12. Por terem seu tamanho maior que outros modelos, são capazes de realizar e armazenar mais informações, sendo assim são mais utilizados em ambientes clínicos.

Figura 12 – Oxímetro de mesa



Fonte: Kendrick (2008, p. 210)

4.4 Tipos de sensores (probes)

Os sensores, também chamados de Probes, utilizados na oximetria de pulso apresentam as mais variadas formas e modelos, pode ser adulto ou infantil; seu formato e tamanho dependem do local onde se deseja fazer a medição. Podem ainda ser do tipo descartável ou reutilizável. Os tipos mais comuns de sensores para oximetria de pulso são: tipo clipe, tipo Y, sensores para orelha e o sensor para testa.

4.4.1 Sensor tipo clipe

O sensor tipo clipe é utilizado quando se deseja fazer a medição da saturação no dedo do pé, ou mais comumente, no dedo da mão. A figura 13 mostra um exemplo de um sensor tipo clipe, que em sua extremidade, apresenta o formato semelhante ao de prendedor de roupa.

Figura 13 – Sensor tipo clipe



Fonte: Kendrick (2008, p. 192)

4.4.2 Sensor tipo “Y”

O sensor tipo “Y”, assemelha-se à letra do alfabeto que lhe empresta o nome. É utilizado, normalmente, no monitoramento de recém-nascidos e crianças, sendo posicionado na mão ou do pé ou, ainda, no dedo do paciente. Cada sensor deve ser posicionado de um lado da parte do corpo escolhida para a possibilidade de leitura. A figura 14 demonstra esse tipo de sensor.

Figura 14 – Sensor tipo “Y”



Figura 14 - Sensor tipo “Y”

Fonte: Kendrick (2008, p. 192)

4.4.3 Sensor para orelha

Sensor utilizado quando se deseja fazer a monitoramento da saturação de oxigênio no lóbulo da orelha. Como mostrado na figura 15, o sensor de orelha apresenta a forma de um pequeno prendedor.

Figura 15 – Sensor para orelha



Fonte: Kendrick (2008, p. 192)

4.4.4 Sensor para testa

Este sensor foi desenvolvido para medir a saturação de oxigênio na região da cabeça e deve ficar posicionado na testa do paciente, fixado ao redor da cabeça como mostra a figura 16. Seu funcionamento ocorre por reflexão de luz, já que a luz não consegue atravessar a região da cabeça para que a medição seja efetuada.

Figura 16 – Sensor para testa



Fonte: Kendrick (2008, p. 192)

4.5 Principais funções e sinalizações do aparelho

Neste item, apresentam-se diversas características comuns aos oxímetros de pulso existentes no mercado. Ressalva-se, contudo, que alguns comandos e sinalizações aqui citados não estão presentes em todos os oxímetros de pulso, a maneira de se programar cada comando ou função varia para cada fabricante, cabendo consultar o manual para execução dessas funções.

4.5.1 Mostradores de SpO₂ e frequência cardíaca (pulso)

São displays numéricos, normalmente de cristal líquido ou de LED, onde são mostrados os valores da SpO₂ e pulso calculados. Quando o oxímetro de pulso não consegue captar um sinal pulsátil adequado, a mensagem normalmente “---” é vista nos mostradores de SpO₂ e pulso.

4.5.2 Alarmes

Alarmes são sinais sonoros e/ou visuais que são acionados quando uma condição limite ajustada pelo operador é ultrapassada. Os principais alarmes encontrados nos oxímetros de pulso são:

- SpO₂ baixo ou alto;
- Pulso baixo ou alto;

-
- Baixa carga de bateria, quando o equipamento operar com bateria interna recarregável;
 - Sensor desconectado do equipamento;
 - Sensor desconectado do paciente.

Os alarmes são ferramentas muito úteis, pois permitem a monitoramento constante do paciente, sem ser necessária a freqüente averiguação por parte do profissional responsável por operar o oxímetro de pulso.

4.5.3 Barra de sinal da amplitude de pulso

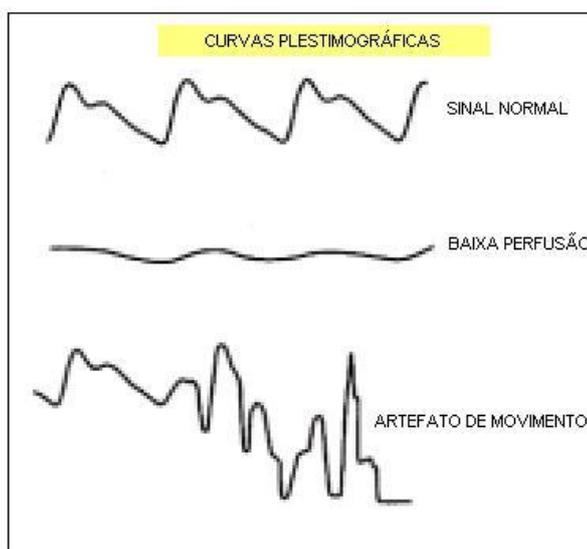
Segundo Fernandes (2001, p.37) “A barra de sinal é constituída por um conjunto de luzes que acendem proporcionalmente a amplitude do pulso captado pelo sensor. Quando a barra de sinal apresenta 75% ou mais das luzes acesas, considera-se que o sinal captado possui uma amplitude adequada”.

4.5.4 Plestimograma

Alguns oxímetros de pulso apresentam a visualização do plestimograma, que é a representação gráfica das mudanças de volume do sangue arterial captadas pelo sensor. (PURITAN BENNETT, 1991 Apud FERNANDES, 2001)

Quando a onda plestimográfica mostrada pelo oxímetro de pulso apresenta diferenças significativas, isso é uma indicação de que o sinal captado pelo oxímetro de pulso não é adequado para o cálculo da SpO₂.

Na figura 17 pode-se ver o sinal plestimográfico normal e o sinal plestimográfico apresentado em duas situações onde a leitura do oxímetro pode se dar de maneira irregular.

Figura 17 – Curvas plestimográficas

Fonte: O Autor, adaptado de BODACZNY (2007)

4.6 Limitações de operação.

As limitações de operação do oxímetro de pulso consistem em problemas ou fatores que quando presentes podem gerar uma leitura errada da SpO_2 e frequência cardíaca pelo aparelho. Existem limitações associadas ao processo de emissão, captação e processamento do sinal para obtenção de valores de SpO_2 , ou seja, aos aspectos técnicos da medição. Existem também limitações relacionadas ao corpo humano, como por exemplo, presença de hemoglobinas disfuncionais, que não carregam oxigênio.

Para que o oxímetro funcione com segurança o operador deve conhecer e estar atento a estas limitações as quais serão discutidas nos tópicos seguintes.

4.6.1 Artefatos de movimento

Movimentos excessivos na extremidade onde o sensor do oxímetro está conectado podem causar leituras erradas por parte do aparelho de oximetria de pulso.

De acordo com Fernandes (2001, p.49):

O artefato de movimento é considerado uma limitação segura, pois sua influência na leitura pode ser observada na forma de onda plestimográfica,

quando esta é apresentada pelo oxímetro de pulso. Essa interferência pode ser eliminada pela sedação do paciente ou imobilização do membro onde será conectado o sensor.

4.6.2 Interferência eletromagnética

Interferências eletromagnéticas no ambiente hospitalar podem afetar o funcionamento do oxímetro de pulso. Correntes de alta frequência provenientes de unidades eletrocirúrgicas (UEC) podem ser irradiadas para o sensor do oxímetro e interferir no seu funcionamento. Unidades de imagem por ressonância magnética também causam enorme interferência no funcionamento do oxímetro. (FERNARDES, 2001)

Como supracitado, este tipo de interferência é mais comum no ambiente hospitalar. Existe uma suspeita relativa à intervenção pelo uso de aparelhos celulares, porém não há estudos que comprovem que estes possam exercer influência significativa na leitura dos oxímetros de pulso.

4.6.3 Calibração

Oxímetros são calibrados durante a fabricação e automaticamente checam seus circuitos internos quando são ligados. Eles geralmente são precisos para valores de SpO₂ entre 80% e 100% com erros para mais e para menos próximos a 2%, e menos precisos para o valores abaixo de 80% . (KENDRICK, 2008)

Borruel (2008) explica que os oxímetros são calibrados utilizando-se seres humanos supostamente saudáveis de forma que se possa estabelecer sua confiabilidade. Misturas de gases conhecidas com nitrogênio e oxigênio são administradas aos voluntários realizando-se a aferição da saturação a cada nova mistura oferecida. No entanto, os valores mais baixos de saturação de oxigênio obtidos nunca chegaram, por razões de segurança, a uma saturação de oxigênio inferior a 80%. Para saturação de valores inferiores a 80%, os fabricantes estimam os valores por extrapolação matemática o que torna as medições imprecisas com erros que chegam a 10%.

4.6.4 Efeitos "penumbra"

Acredita-se que este efeito seja causado pelo mau posicionamento do sensor. Quando o sensor é colocado de forma errada, a luz pode não atravessar o tecido ou não ser transmitida corretamente através dele. (LIMITATIONS..., 2008)

Moyle (1998, apud FERNANDES, 2001, p. 50) completa:

Erros de leitura em razão do efeito "penumbra" aparecem quando há um mau posicionamento do sensor do oxímetro; São comuns na monitoramento de recém-nascidos e crianças que utilizam sensor do tipo "y". Esse tipo de erro acontece quando o sensor é fixado no pé ou na mão do paciente, de forma que a distância percorrida pela luz vermelha é diferente da percorrida pela luz infravermelha.

Quando o oxímetro de pulso tiver de ser utilizado é importante que o operador saiba da importância do posicionamento correto do sensor para que se evitem erros de leitura.

4.6.5 Interferência luminosa

Luz ambiente normal não afeta as medidas de saturação de oxigênio, no entanto, luzes cirúrgicas ou a luz do sol causam influências na leitura, fornecendo falsos valores de SpO₂ baixo. Este problema pode ser resolvido cobrindo o sensor com um objeto opaco, que evitará que a luz externa interfira nas medições do aparelho. (PULSIOXÍMETROS..., 2008)

4.6.6 Dependência do pulso

O oxímetro de pulso é um equipamento que tem seu funcionamento dependente da pulsação do sangue arterial. Quando o sinal arterial é muito fraco, o oxímetro de pulso não consegue diferenciar os componentes AC e DC do sinal absorvido, o pico de absorção na pulsação é muito baixo; por isso, não se consegue calcular a SpO₂. (FERNANDES, 2001)

Sinal de pulso fraco deve-se, normalmente, a estados de baixa perfusão de sangue causados por hipotermia, doenças vasculares periféricas, hipertensão ou débito cardíaco baixo. (KENDRIC, 2008)

Muitos oxímetros de pulso possuem uma barra de indicação luminosa que acende progressivamente de acordo com a amplitude do sinal obtido. Quando o sinal é fraco, a barra acende pouco. Quando é forte a barra se acende de forma mais intensa, o que pode ajudar na detecção deste problema.

4.6.7 Ritmo cardíaco

O oxímetro é um equipamento que requer pulso com ritmo regular, com pequenas variações em frequência e amplitude. Ritmos irregulares podem dificultar o cálculo da razão vermelho/infravermelho e, conseqüentemente, da SpO₂ (MOYLE, 1998 apud FERNANDES, 2001).

4.6.8 Hemoglobinas não funcionais

Nellcor (2007) afirma que “As hemoglobinas não-funcionais, como carboxihemoglobinas[hemoglobina + monóxido de carbono], metahemoglobinas, são incapazes de transportar oxigênio. As leituras de SpO₂ podem parecer normais; no entanto, o paciente pode estar com hipoxemia porque há menos hemoglobina disponível para transportar oxigênio”.

Isso acontece porque esses dois tipos de hemoglobina apresentam níveis de absorção luminosa para determinados comprimentos de onda muito próximos aos da hemoglobina funcional, fazendo com que o aparelho apresente leituras erradas.

4.6.9 Pulsação venosa

A obstrução ou grande fluxo de sangue nas veias pode gerar pulsação venosa que algumas vezes resulta em leituras equivocadas pelo oxímetro de pulso. Lutke (2008) afirma que “Estados de congestão venosa que possam determinar presença de pulso venoso podem fornecer também uma falsa baixa leitura da SpO₂, já que o aparelho é programado para detectar o sinal pulsátil como de origem arterial”.

O que acontece é que o oxímetro não consegue diferenciar a pulsação venosa da pulsação proveniente das artérias, resultando em valores de SpO₂ lidos no oxímetro abaixo do verdadeiro valor da saturação do paciente. Em casos em que o paciente sinalizar pulsação venosa, o uso do oxímetro não é indicado, assim como se deve evitar o uso do sensor do oxímetro de pulso no mesmo membro onde está sendo feita a medição da pressão sangüínea. (FERNANDES, 2001)

4.6.10 Pintura de unha

Unhas pintadas ou postiças podem afetar a leitura do oxímetro de pulso. Em estudos, aplicou-se diferentes tonalidades de esmaltes de unha em pacientes e observaram que a pintura da unha provocava uma significativa diminuição da SpO₂ em relação ao valor verdadeiro da saturação, sendo que o decréscimo variou entre 3 a 6%, dependendo da cor empregada. (FERNANDES, 2001). Pintura de unha pode causar leituras baixas de SpO₂ falsas, especialmente as de cor azul ou preta. (PULMOLINK, 2008)

Fernandes (2001, p. 57) ainda ressalta que “Deve-se remover o esmalte da unha ou a unha postiça quando um sensor de dedo for aplicado em um paciente com unha pintada ou unhas postiças.”

4.6.11 Temperatura

Para Borrueal (2008) a hipotermia pode produzir erros de medição por duas condições. Primeiro porque com hipotermia pode haver redução da perfusão e amplitude do pulso. Em segundo lugar porque a absorção da luz pela hemoglobina pode modificar-se para temperaturas menores que 36°C. No entanto, existem alguns estudos que afirmam que os dados são confiáveis para temperaturas entre 30°C e 36°C.

O’Keefe e Limmer (2005) afirma que em pacientes hipotérmicos as leituras são imprecisas pois diminui-se a quantidade de sangue fluindo pelos capilares, afetando a medição.

5 Atendimento Pré-Hospitalar

Neste capítulo serão abordados tópicos sobre a atividade pré-hospitalar e as fases envolvidas na avaliação geral do paciente. O primeiro contato socorrista/vítima é um passo importante para o devido início de prestação de socorro e terá influência na futura recuperação do paciente, sendo que, muitas vezes, é naquele momento, que ocorre efetivamente o atendimento em uma situação de emergência.

Para que seja proposta uma forma de aplicação padrão, no suporte básico a vida, do oxímetro de pulso deve-se compreender o serviço de atendimento pré-hospitalar

5.1 Histórico do Atendimento Pré-hospitalar

Na década de 60, os profissionais de medicina começaram a constatar a existência de uma surpreendente desproporção entre os meios arcaicos utilizados na fase pré-hospitalar e os modernos meios colocados à disposição quando da chegada de um acidentado ao hospital. (BOTELHO, 1999)

De acordo com Neto (2007 p.16), “durante muito tempo a técnica dominante em matéria de atendimento de urgência, foi conduzir o doente ou ferido, de qualquer maneira, o mais rápido possível a um hospital, onde médicos e enfermeiros estariam prontos a recebê-lo e tratá-lo”.

Percebeu-se que esse tipo de transporte em qualquer situação, era precipitado, pois esta ação muitas vezes acarretava à vítima um estado ainda mais grave, causando freqüentemente, lesões irreversíveis. Aos poucos os responsáveis perceberam que este ato acabava por constituir um grave risco para os acidentados. (BOTELHO, 1999)

Enfrentando diversas situações complicadas, e percebendo que o tempo, em uma ocorrência, é inimigo, chegou-se à conclusão de que seria mais conveniente levar as equipes de socorro até o lugar do acidente ao invés de conduzir o acidentado até o local do socorro. Assim, a chegada rápida de uma equipe de socorristas na cena da emergência, permitiria a execução de primeiros socorros mais eficientes, centralizados na avaliação e na manutenção de uma respiração e circulação

estáveis. A incumbência principal deste novo método era de transportar a vítima com segurança e o mais preparada possível para ser posteriormente tratada por médicos especialistas. Foi esta nova filosofia de atendimento que deu origem à criação dos serviços de atendimento pré-hospitalar ao redor do mundo. (BOTELHO, 1999)

A implantação de um socorro de emergência no Brasil iniciou-se em Blumenau no Estado de Santa Catarina no ano de 1983, pelo então presidente da Cruz Vermelha Joel de Oliveira, pelo Sr. Cap. BM Antônio Cursio e pelo médico Dr. Newton Mota. Apesar dos esforços, somente em dezembro de 1987, na cidade de Blumenau, é que a atividade foi efetivamente implantada pelo corpo de bombeiros na cidade. (CARNEIRO, 2007)

Rapidamente o serviço foi reconhecido pela população e outras Organizações de Bombeiro Militar começaram a desenvolver atividades semelhantes com base em treinamentos realizados dentro de unidades hospitalares locais, como no caso das cidades de Itajaí e Joinville. (BOTELHO, 1999)

Em novembro de 1990, o Ministério da Saúde, lançou nacionalmente, o Programa de Enfrentamento às Emergências e Traumas. O programa foi dividido em quatro projetos distintos: Projeto de Prevenção ao Trauma, Projeto de Atendimento Pré-Hospitalar, Projeto de Atendimento Hospitalar e Projeto de Reabilitação Física e Psicológica. Coube então aos Corpos de Bombeiros do Brasil, a vertente Projeto de Atendimento Pré-hospitalar, consistindo basicamente, na preparação de recursos humanos e operacionalização de recursos materiais específicos para o atendimento inicial das urgências/emergências. (CONSELHO REGIONAL DE MEDICINA DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2000).

A partir da década de 90, o serviço passou a se basear nas normas do *Advanced Trauma Life Support (ATLS)* e do *Pre-Hospital Trauma Life Support (PHTLS)*, cursos desenvolvidos pelo Colégio Americano dos Cirurgiões, que se destinam a ensinar a seqüência correta das regras fundamentais que regem o atendimento inicial dos traumatizados. (BOTELHO, 1999)

Hoje o serviço de Atendimento Pré-Hospitalar abrange todos os municípios Catarinenses possuidores de um quartel do Corpo de Bombeiros Militar.

5.2 A Atividade Pré-Hospitalar

Primeiramente cabe lembrar que o serviço de Atendimento Pré-Hospitalar (APH) é previsto no Inciso I art. 108, da Constituição Estadual de Santa Catarina de 1989 e atualizada em 2006, estabelece as atribuições de competência do Corpo de Bombeiro Militar de Santa Catarina:

Art.108 - O Corpo de Bombeiros Militar, órgão permanente, força auxiliar, reserva do Exército, organizado com base na hierarquia e disciplina, subordinado ao Governador do Estado, cabe, nos limites de sua competência, além de outras atribuições estabelecidas em lei:

I - realizar os serviços de prevenção de sinistros ou catástrofes, de combate a incêndio e de busca e salvamento de pessoas e bens e o atendimento pré-hospitalar;

O serviço de APH compreende a prestação de suporte básico ou avançado à vida, realizado fora do ambiente hospitalar, para vítimas de traumas ou emergências médicas, sendo executado por pessoal capacitado e habilitado para tal, constituindo ferramenta importante no sistema de atendimento a emergências.

O Sistema de Assistência às Emergências pode ser conceituado como uma cadeia de recursos e serviços organizados para prestar assistência continuada às vítimas, desde o local onde se iniciou a emergência até a chegada destas no ambiente hospitalar (CBMSC, 2008a).

No Brasil, normalmente o Sistema de Assistência às Emergências é acionado através dos telefones 190 (Emergência – Polícia Militar), 191 (Emergência – Polícia Rodoviária Federal), 192 (Emergência – SAMU) ou 193 (Emergência – Bombeiros) (OLIVEIRA, 2004).

O serviço de Atendimento Pré-Hospitalar é prestado pelos socorristas. CBMSC (2008a) relata que os socorristas são as pessoas que fazem parte do Sistema de Assistência às emergências e podem ser conceituados como pessoas tecnicamente capacitadas e habilitadas para, com segurança, avaliar e identificar problemas que

comprometam a vida e tomar medidas para manutenção da vida no local do acidente.

O socorrista tem como responsabilidades legais responder perante a justiça pelos atos prejudiciais resultantes de suas atividades. Devem proporcionar uma assistência adequada com base nas normas internas estabelecidas nos protocolos das próprias organizações. Com base nas normas vigentes e responsabilidades legais relativas à função, um socorrista poderá ser processado e responsabilizado se agir com imprudência, imperícia ou negligência. (OLIVEIRA, 2004)

Segundo o Protocolo de Atendimento Pré-Hospitalar do CBMSC, a finalidade do APH é reduzir a morbi-mortalidade decorrente do atendimento inicial inadequado em situações de emergências médicas e traumas. Para isso, o socorrista tem como objetivos do serviço: manter o paciente vivo pela preservação do “ABC” da vida; evitar que as lesões ou problemas médicos da vítima se agravem, comprometendo a vida ou incrementando a possibilidade de seqüelas; promover o transporte seguro, rápido e adequado do paciente para uma unidade hospitalar de referência onde possa receber seu atendimento definitivo. (LAZZARIS et al., 1999)

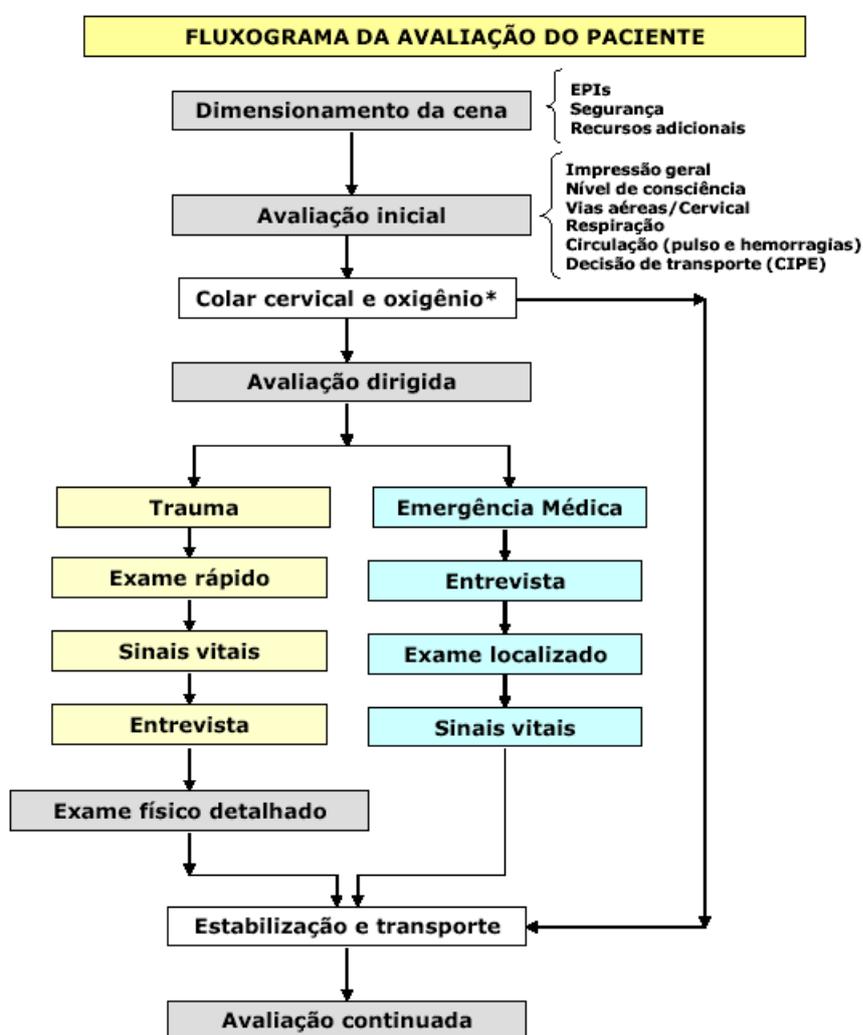
5.3 Avaliação geral do paciente

A avaliação geral do paciente consiste em todos os procedimentos de avaliação desde o deslocamento ao local da ocorrência até a chegada da vítima ao hospital. Esta fase é extremamente importante para o serviço de Atendimento Pré-Hospitalar, pois é nela que os problemas apresentados pela vítima serão diagnosticados e minimizados.

O trabalho de avaliação deve ser realizado de forma ágil, segura e meticulosa, através da coleta sistemática de dados para determinar o estado de saúde do paciente, identificar quaisquer problemas efetivos ou potenciais e implementar as ações de socorro necessárias ao suporte básico de vida do mesmo. Esta avaliação deverá, sempre que possível, ser realizada em equipe, buscando identificar e corrigir imediatamente os problemas que ameaçam a vida a curto prazo. (CBMSC, 2008a)

A avaliação geral divide-se em cinco fases, que se apresentam na seguinte seqüência: Avaliação/Dimensionamento da Cena, Avaliação Inicial, Avaliação Dirigida, Avaliação Física Detalhada e Avaliação ou Assistência continuada, as quais encontram-se representadas no fluxograma da avaliação do paciente na figura 18 e serão explanadas individualmente a seguir.

Figura 18 - Fluxograma do Atendimento Pré-Hospitalar



Fonte: CBMSC (2008a, p. 64)

5.3.1 Avaliação e dimensionamento da cena

De acordo com CBMSC (2008a, p.54) “Todo atendimento deverá iniciar-se pelo dimensionamento da cena da emergência”.

Segurança é o objetivo principal desta fase. Esta etapa começa no momento em que o socorrista é chamado para prestar socorro, portanto antes da aproximação do local da ocorrência. O socorrista deve tentar imaginar a cena que provavelmente irá encontrar, de acordo com as informações obtidas e, desta forma, procurar relacionar os diferentes tipos de traumas e os riscos mais comuns à situação e os sinais e sintomas esperados nesta emergência. (BERGERON et al., 2007)

Oliveira (2004, p.34) complementa escrevendo que “é importante que quem presta socorro seja capaz de estabelecer uma associação entre o cenário encontrado e o padrão de lesões produzidas por ele”.

A fase de avaliação e dimensionamento da cena é relevante para que o socorrista possa ter uma idéia do que aconteceu, e baseado nas informações obtidas, já saiba, ou pelo menos tenha idéia, de que atitudes tomar em relação aos problemas apresentados pelo paciente.

É importante ressaltar que nesta fase o socorrista deve tomar todos os cuidados para que o atendimento seja feito de forma segura para si e para o paciente, com a colocação de Equipamentos de Proteção Individual e gerenciamento dos riscos encontrados no local.

5.3.2 Avaliação Inicial

De acordo com os padrões de atendimento do CBMSC, logo após a avaliação/dimensionamento da cena o próximo passo a ser seguido é a avaliação inicial do paciente.

Bergeron et al., (2007, p.149) explica que nesta fase se procura descobrir e solucionar os problemas que em um muito pouco tempo podem levar o paciente a óbito:

A avaliação inicial tem a finalidade de identificar e corrigir problemas que ameaçam a vida, prioritariamente aqueles relacionados às vias aéreas, respiração e circulação do paciente. Cada problema é tratado no momento em que é encontrado. Estes problemas são extremamente graves e se não forem imediatamente solucionados podem provocar a morte. A avaliação inicial começa quando o socorrista tem acesso ao paciente. Os procedimentos do suporte básico a vida são feitos conforme os problemas são descobertos.

Durante a avaliação inicial o socorrista deve sempre estar atento à manutenção do “ABC” da vida, pois caso um dos três elementos não estiver funcionando, a vida do paciente estará correndo grave risco. A sigla “ABC” vem da junção da primeira letra das palavras da língua inglesa *Airway* (Vias aéreas), *Breathing* (Respiração) e *Circulation* (Circulação).

Para melhor compreensão e estudo, a avaliação inicial pode ser dividida em cinco etapas principais: formação de uma impressão geral, avaliação do nível de consciência, avaliação da permeabilidade das vias aéreas e respiração, avaliação da circulação e determinação da prioridade de transporte.

5.3.2.1 Formação de uma impressão geral

Bergeron et al., (2007) explica que o socorrista tem que ter uma impressão geral ao olhar primeiramente para o paciente, mesmo que ainda não saiba as necessidades dele. Com a experiência, o socorrista tem maior facilidade em obter esta impressão geral. É importante observar se o paciente parece doente pálido ou cianótico. Prestar atenção nas condições do local, odores presentes, condições de moradia, por exemplo, também é importante.

Esta etapa se mostra importante no sentido de que, observando o cenário e a vítima, o socorrista, obtém prévias conclusões sobre o ocorrido e assim determina uma conduta a ser seguida no atendimento.

5.3.2.2 Avaliação do nível de consciência

O nível de consciência é avaliado pela escala conhecida como AVDI e é o primeiro passo do atendimento onde o socorrista entra em contato direto com o paciente.

A sigla AVDI é formada pelas iniciais das palavras Alerta, Verbal, Dor e Inconsciência que representam os níveis de consciência apresentados pela vítima. Bergeron et al., (2007, p.154) explica o significado de cada um dos quatro níveis:

Alerta: o paciente está alerta desperto, orientado, responde às questões e conversa com o socorrista.

Verbal: o paciente aparenta estar desacordado, mas ao ser chamado ou estimulado auditivamente consegue reagir.

Dor: o paciente não responde aos estímulos auditivos, mas reage aos estímulos dolorosos como fricção na região do esterno (osso do tórax) ou beliscão no ombro[...].

Inconsciente: o paciente não responde aos estímulos auditivos e dolorosos. Ele está arreativo.

Devido ao fato de o paciente possuir o direito de não ser atendido, se assim o desejar, é importante destacar o que escreve Oliveira (2004, p.36) “caso o paciente apresente-se consciente e orientado é importante que o socorrista se apresente identificando-se como pessoa tecnicamente capacitada e solicite permissão para prestar socorro”.

5.3.2.3 Permeabilidade de vias aéreas e respiração

Caso o paciente esteja inconsciente, o socorrista deve avaliar a permeabilidade das vias aéreas e a respiração. Deve-se liberar as vias aéreas através das manobras adequadas conhecidas pelo socorrista. Em seguida o socorrista deve se aproximar do paciente e, utilizando a técnica do ver, ouvir e sentir (VOS), verificar se o paciente está respirando. (OLIVEIRA, 2004)

A ausência de respiração deve ser considerada quando não forem percebidos movimentos do tórax, mesmo que o socorrista escute alguns ruídos na boca do paciente. Estes ruídos são freqüentes antes da morte; são resultado de tentativas de respiração do organismo humano devido à necessidade de oxigênio. (BERGERON et al., 2007)

Se o paciente não respira, o socorrista deve efetuar técnicas de ventilação de seu conhecimento a fim de que a respiração retorne.

5.3.2.4 Circulação

A circulação constitui o terceiro passo do “ABC” da vida. Nesta etapa existem dois fatores muito importantes que devem ser observados: a presença de circulação sanguínea e a identificação e tratamento de hemorragias.

É importante salientar a afirmação de Bergeron et al., (2007) sobre esta etapa “se o paciente respira o pulso está presente. Portanto o socorrista pode neste momento avaliar a presença de hemorragias”.

Se o paciente não respira recomenda-se que se cheque o pulso na artéria carótida, situada na região do pescoço. O pulso é indicativo de que o sangue circula no corpo. Nesta fase não é importante contar a frequência exata, apenas confirmar a presença de pulsação e ter uma idéia de sua velocidade e força. (BERGERON et al., 2007).

Se o pulso não estiver presente deve-se partir para manobras de Ressuscitação Cárdio Pulmonar (RCP), que são de conhecimento do socorrista.

Checada a presença do pulso e da respiração, deve-se procurar por hemorragias graves. Cabe lembrar aqui o conceito dado por CBMSC (2008a, p. 94) para hemorragia, “Hemorragias ou sangramento significam a mesma coisa, ou seja, sangue que escapa de vasos sanguíneos”.

Para Bergeron et al., (2007, p.146):

Embora qualquer sangramento incontrolável possa eventualmente ameaçar a vida, o socorrista deve inicialmente preocupar-se com as hemorragias profusas. A presença de sangue com coloração vermelha e saindo em jorros, indica um sangramento de artéria. O sangue arterial circula sob um maior gradiente de pressão, o que favorece a perda de grandes quantidades em curtos períodos de tempo. O fluxo sanguíneo com menor pressão e com coloração mais escura caracteriza o sangramento de veias. O sangramento venoso, apesar de lento, pode ameaçar a vida quando ocorre em um longo período de tempo.

Deve existir neste momento a preocupação com o volume de sangue perdido e não apenas com a velocidade com que este deixa o corpo.

Assim que identificada uma hemorragia, o socorrista deve tomar as devidas medidas para que o sangramento seja estancado.

5.3.2.5 Prioridade para transporte

Na última parte da avaliação inicial o socorrista deverá classificar os pacientes de acordo com a gravidade dos danos. Recomenda-se que a classificação seja baseada na escala “CIPE”. Cada letra da palavra representa um estado de saúde do paciente. (Oliveira, 2004)

A letra “C” vem do estado Crítico que caracteriza “paciente em parada respiratória ou parada cardiopulmonar”. (CBMSC, 2008a, p.56)

A letra “I” vem do estado Instável que caracteriza “paciente inconsciente, com choque descompensado e/ou dificuldade respiratória severa, lesão grave de cabeça ou tórax”. (CBMSC, 2008, p.56)

A letra “P” vem do estado Potencialmente Instável que caracteriza “paciente vítima de mecanismo agressor importante, em choque compensado, portador de lesão isolada importante ou lesão de extremidade com prejuízo circulatório ou neurológico”. (CBMSC, 2008a, p.56)

Finalmente a letra “E” deriva do estado Estável que caracteriza “paciente portador de lesões menores, sem problemas respiratórios e com sinais vitais normais.” (CBMSC, 2008a, p.56)

Oliveira (2004, p. 38) complementa:

Os pacientes críticos ou instáveis devem ser transportados de imediato. Nesses casos, a avaliação dirigida e a avaliação física detalhada poderão ser realizadas durante o transporte para o hospital, no interior do veículo de emergência, simultaneamente com as medidas de suporte básico de vida. Já no caso dos pacientes potencialmente instáveis ou estáveis, o socorrista deverá continuar a avaliação na cena da emergência e transportar o paciente após sua estabilização. Recomendamos que o socorro pré-hospitalar (incluindo a avaliação, a estabilização e o início do transporte) seja realizado num prazo máximo de 3 a 5 minutos nos casos de pacientes graves (C e I) e, entre 10 a 12 minutos nos casos de pacientes estáveis (P e E), de forma a garantir o atendimento integral do paciente dentro da chamada *hora de ouro* do trauma (60 minutos).

5.3.3 Avaliação dirigida

A avaliação dirigida é realizada logo após o término da avaliação inicial e pode ser conceituada como um processo ordenado para obter informações, descobrir lesões ou problemas médicos que, se não tratados, poderão ameaçar a vida do paciente.

É importante, quando estiver sendo realizada a avaliação dirigida, que o socorrista cumpra algumas regras: Avaliar sem causar dano adicional; Observar condutas e/ou comportamento do paciente e estar atento a qualquer alteração nas condições do paciente; Suspeitar de lesão na coluna vertebral, sempre que a vítima sofrer um trauma; Informar ao paciente que vai examiná-lo e a importância (o porquê) de fazê-lo; Aferir corretamente os sinais vitais; Seguir corretamente a seqüência no exame físico da cabeça aos pés. (CBMSC, 2008a)

Esta fase é dividida em três fases principais: Entrevista, Aferição dos Sinais Vitais e Exame físico. A ordem e forma de aplicação variam de acordo com o tipo de ocorrência que está sendo atendida, trauma ou emergência médica, como pode ser verificado no fluxograma de avaliação do paciente mostrado anteriormente na figura 18 (Sessão 3.3).

5.3.3.1 Entrevista (paciente, familiares ou testemunhas)

CBMSC (2008a, p.57) define a entrevista como a “Etapa da avaliação onde o socorrista conversa com o paciente buscando obter informações dele próprio, de familiares ou de testemunhas, sobre o tipo de lesão ou enfermidade existente e outros dados relevantes”.

Quando estiver prestando atendimento, o socorrista deve questionar o paciente com o objetivo de ter uma melhor definição do que o mesmo está sentindo. As perguntas variam de acordo com cada caso, mas é importante lembrar neste momento de um sistema de coleta de informações representado pela palavra SAMPLE, que é explicado por Oliveira (2004 p. 43):

Cada letra da palavra representa uma pergunta que deverá ser feita ao paciente, ou seja:

- **S**inais e sintomas (O que está errado?)

-
- **Alergias** (Você é alérgico a algum tipo de substância ou alimento?)
 - **Medicações** (Você toma algum tipo de remédio?)
 - **Passado médico** (Você está realizando algum tratamento médico?)
 - **Líquidos e alimentos** (Você ingeriu alguma coisa recentemente?)
 - **Eventos relacionados com o trauma ou doença** (O que aconteceu?)

5.3.3.2 *Aferição dos sinais vitais*

Primeiramente antes de entrar nos procedimentos para aferição dos sinais vitais, deve-se diferenciar o conceito de sinal e sintoma.

Oliveira (2004, p.16) define sinais e sintomas como “detalhes que você pode descobrir fazendo o uso dos sentidos – visão, tato, audição e olfato – durante a avaliação da vítima”. Ainda de acordo com Oliveira (2004, p.16) “Sintomas são sensações que a vítima experimenta e é capaz de descrever”.

Complementando CBMSC (2008a, p.58) explica que “Sinal é tudo aquilo que o socorrista pode observar ou sentir no paciente enquanto o examina. Exemplos: pulso, palidez, sudorese. Sintoma é tudo aquilo que o socorrista não consegue identificar sozinho. O paciente necessita contar sobre si mesmo. Exemplos: dor abdominal, tontura”.

Durante a aferição dos sinais vitais o socorrista deve dar atenção especial a alguns sinais principais: respiração, frequência cardíaca, pressão arterial e temperatura.

a) Respiração

“É o ato de respirar. Também chamada de ventilação.” (CBMSC, 2008a p.58) A respiração ocorre através dos movimentos de inspiração e expiração efetuados pelo sistema respiratório.

Segundo CBMSC (2008a), para se aferir como está a respiração do paciente deve-se colocar a mão sobre o tórax e contar o número de movimentos respiratórios (intervalos entre as inspirações e expirações) no período de um minuto.

Na tabela a seguir, encontram-se os valores normais dos movimentos respiratórios para cada indivíduo; de acordo com sua idade.

Tabela 2 – Movimentos respiratórios por minuto.

Indivíduo	Valores normais(mrm)
Adultos	12-20
Crianças(1 a 8 anos)	15-30
Lactentes(0 a 1 ano)	25-50

Fonte: O autor, adaptado de CBMSC(2008)

b) Pulso

Também chamado de frequência cardíaca “É a expansão e o relaxamento das paredes das artérias devido à propagação de uma onda de sangue ejetada pela contração do coração”. (CBMSC, 2008a, p.58)

O pulso pode ser medido em locais onde exista uma artéria próxima à pele ou sobre uma proeminência óssea. Locais típicos de aferição do pulso são, a artéria radial, localizada no pulso, e a artéria carótida, localizada no pescoço. (OLIVEIRA, 2004)

Os valores normais de frequência cardíaca para as diversas faixas de idade estão representados na tabela a seguir:

Tabela 3 – Frequência cardíaca de acordo com a idade

Indivíduo	Valores normais(bpm)
Adultos	60-100
Crianças(1 a 8 anos)	60-140
Lactentes(0 a 1 ano)	100-190

Fonte: O autor, adaptado de CBMSC(2008a)

c) Pressão Arterial (PA)

Segundo CBMSC (2008, p.59) “a pressão arterial pode ser conceituada como a pressão exercida pelo sangue circulante contra as paredes internas das artérias”.

Oliveira (2004, p.18) complementa o conceito:

A PA é medida em dois níveis, a PA sistólica e a PA diastólica. A sistólica é a pressão máxima à qual a artéria está sujeita durante a contração do coração (sístole). A diastólica é pressão remanescente no interior do sistema arterial quando o coração fica relaxado, na fase de enchimento de sangue (diástole).

A pressão arterial pode ser medida de duas maneiras explicadas por Bergeron et al., (2007, p. 542):

Auscultação: usando um esfigmomanômetro e um estetoscópio para ouvir as características do som.

Palpação: utilizando um esfigmomanômetro e palpando o pulso radial do paciente

Na tabela que aparece a seguir encontram-se os valores normais da PA para os diferentes tipos de indivíduos:

Tabela 4 – Valores normais de pressão arterial

	SISTÓLICA	DIASTÓLICA
Adultos	100 a 150	60 a 90
Crianças e adolescentes	80 + 2 por idade (aprox.)	Aproximadamente 2/3 da PAS
De 3 a 5 anos	Média de 99 (78 a 116)	Média de 55
De 6 a 10 anos	Média de 105 (80 a 122)	Média de 57
De 11 a 14 anos	Média de 114 (88 a 140)	Média de 59

Fonte: O autor, adaptado de CBMSC(2008)

d) Temperatura

De acordo com CBMSC (2008a, p.60), a temperatura pode ser definida como “a diferença entre o calor produzido e o calor perdido pelo corpo humano. Geralmente fica entre 36,5 e 37,0 graus Celsius”.

“Em Atendimento Pré-Hospitalar básico, o socorrista verifica a temperatura relativa da pele colocando o dorso da sua mão sobre a pele do paciente (na testa, tórax ou abdômen) para estimar a temperatura relativa pelo tato. (OLIVEIRA, 2004, p.20)”. Convém recordar que a pele é a grande responsável pela regulação da temperatura e poderá apresentar-se normal, quente ou fria, úmida ou seca de acordo com a temperatura apresentada.

5.3.3.3 Exame Físico

O exame físico poderá ser limitado a uma lesão ou problema médico evidente apontado pela vítima, ou ainda realizado de forma completa (detalhada) da cabeça aos pés. Nesta etapa da avaliação, o socorrista realiza uma apalpação e uma inspeção visual, de forma ordenada e sistemática, buscando localizar no paciente, indicações de lesões ou problemas médicos. (CBMSC, 2008a)

5.3.4 Avaliação física detalhada

Caso o socorrista tenha optado por fazer um exame físico dirigido durante a fase de avaliação dirigida, poderá optar por fazer a avaliação física detalhada na seqüência, para que se assegure que o paciente não apresente mais nenhum dano que possa afetar sua saúde.

Bergeron et al., (2007) escreve que, o exame físico detalhado é feito habitualmente durante o deslocamento do paciente para o hospital, ou na cena de emergência, no caso de o transporte demorar a chegar. A avaliação física detalhada é normalmente feita de uma forma mais pormenorizada, observando cada detalhe, sendo assim demanda mais tempo. Este passo serve para que o socorrista encarregado do atendimento tenha uma idéia mais precisa do que se passa com o paciente.

5.3.5 Avaliação ou assistência continuada

A avaliação ou assistência continuada é tipicamente realizada durante o transporte do paciente até a unidade hospitalar.

Após o término do exame físico detalhado, o socorrista deverá verificar periodicamente os sinais vitais e manter uma constante observação do aspecto geral do paciente. (OLIVEIRA, 2004)

Recomenda-se uma reavaliação das condições apresentadas pelas vias aéreas, pela respiração, pela circulação e pelos sinais vitais a cada quinze minutos para pacientes estáveis e a cada cinco minutos no caso de pacientes instáveis. (BERGERON et al., 2007)

Bergeron et al., (2007, p.178) define de forma simples a importância desta fase. “Lembre-se que o paciente pode piorar ou melhorar ou ainda permanecer estável”, ou seja, deve-se monitorar continuamente o paciente para que se tomem as medidas necessárias e adequadas de acordo com estado que ele apresentar até sua chegada ao hospital.

6 Aplicação do oxímetro no Atendimento Pré-hospitalar prestado pelo CBMSC

Neste capítulo o que se busca é atingir o objetivo primordial deste trabalho que é propor como a oximetria de pulso será inserida no Atendimento Pré-Hospitalar prestado pelo CBMSC.

Serão levados em conta todos os aspectos abordados nos capítulos anteriores e outros aspectos ainda não levantados para que seja sugerido um padrão de utilização. Será abordada a oximetria relacionada de forma geral ao atendimento pré-hospitalar. Serão demonstradas vantagens e desvantagens da aplicação do aparelho e por fim será proposto um padrão de procedimento a ser realizado por todas as guarnições de socorro do CBMSC.

6.1 Oximetria e Atendimento Pré-Hospitalar

A oximetria de pulso ainda é pouco abordada na literatura referente ao Atendimento Pré-Hospitalar, a maior parte da literatura encontrada é obtida nos livros especializados vindos do exterior, na literatura nacional encontra-se pouco sobre o assunto em manuais como o Manual Básico de Socorro de Emergência, Junior et; al.(2007), de autoria de uma equipe de oficiais médicos do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio de Janeiro, neste manual existem alguns procedimentos, referências a vantagens do aparelho e algumas limitações. No manual de Resgate e Emergências Médicas do Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo – CBPMESP (2006) por exemplo recomenda a utilização do aparelho para que se monitore o estado da respiração, menciona alguns passos a serem seguidos para uso do aparelho e algumas de suas limitações, mas nada muito profundo. Em um manual utilizado pelo Corpo de Bombeiros do Estado do Paraná – CBPR (2006) o aparelho é mencionado mas novamente não existe referência mais aprofundada apenas determina seu uso para monitoramento da SpO₂ em algumas situações e faz referência a uma ou duas limitações.

Em geral o que a literatura especializada destaca é que a SpO₂, deve ser considerada como mais um sinal vital importante para determinação do estado do

paciente. Cabe aqui destacar que a oximetria de pulso não serve apenas como um simples meio de detecção de um sinal vital, as leituras também podem ser bastante úteis para testar a efetividade das técnicas de gerenciamento das vias aéreas e respiração. Por exemplo: um paciente apresenta SpO₂ de 88%, de imediato o socorrista administra oxigênio, em seguida os níveis apresentados em uma nova leitura subiram para 98% o que significa que a administração de oxigênio foi eficiente. Por outro lado se a saturação do paciente começa a cair de 88% para 84% significa que a técnica utilizada não foi eficiente, sendo necessário utilizar outra técnica para que o sangue atinja uma oxigenação adequada.

Como pode-se perceber ao longo deste trabalho, a oximetria de pulso é um método bastante simples e muito útil na avaliação e monitoramento de pacientes quanto a certos aspectos do fornecimento de oxigênio ao organismo, que é representado pela saturação deste no sangue, e quanto ao estado do sistema cardiovascular fornecendo a frequência cardíaca.

No entanto apesar das facilidades e de ser largamente utilizada no ambiente hospitalar há décadas, a oximetria de pulso começou a se expandir na área de APH há apenas alguns anos. No CBMSC esse início se deu no final da década de 90 segundo informações prestadas por oficiais da corporação. Porém, apesar da implantação de sua utilização nunca houve uma abordagem mais profunda em relação ao aparelho, nos manuais dos cursos de atendimento pré-hospitalar destinados ao suporte básico de vida, ministrados pelo CBMSC, o aparelho sequer é abordado, o que faz com que muitos daqueles que o operam desconheçam aspectos técnicos de sua utilização o que pode resultar em um uso equivocado. Por isso nos próximos tópicos serão abordados aspectos importantes na efetiva utilização do aparelho.

6.1.1 Vantagens da aplicação oximetria de pulso no serviço de atendimento pré-hospitalar.

Dentre as vantagens da utilização de oxímetros de pulso encontram-se:

- Uso de alarmes

-
- Monitoramento da SpO₂
 - Monitoramento constante da SpO₂ e Frequência cardíaca
 - Melhoria e agilização do atendimento
 - Melhor precisão na determinação do estado do paciente
 - Agilização do atendimento ao paciente quando já na emergência do hospital
 - Portabilidade

Sem dúvida a principal vantagem do oxímetro de pulso é o ganho de agilidade no atendimento e na monitoramento das vítimas de emergências pré-hospitalares. A utilização do aparelho permite economia de tempo pois o socorrista não necessitará, cada vez que for checar o pulso do paciente por palpação, perder 30 s, como normalmente o procedimento é realizado, basta checar o aparelho e praticamente em tempo real essa informação já é fornecida. Além disso quando um procedimento de oxigenoterapia vier a ser realizado o aparelho poderá informar se este está sendo efetivo, mostrando se a SpO₂ aumenta, se mantém estável, ou se continua caindo.

Outro fator importante é a existência de alarmes que permitem que o socorrista se dedique a outras tarefas durante o atendimento pois caso algo anormal aconteça com a SpO₂ e/ou frequência o aparelho ativará o alarme chamando a atenção do socorrista.

Outras duas vantagens são a melhoria na determinação do estado do paciente e a agilização do atendimento do paciente já no hospital, com a informação extra da SpO₂ tanto o socorrista como os médicos poderão ter uma idéia melhor de como proceder com o paciente em questão.

O equipamento também se mostra bastante útil em situações que são comuns, no atendimento de emergências, a presença de fatores como barulho e curiosos que frequentemente podem vir a tirar a concentração do socorrista fazendo com que ele se perca na medição da frequência cardíaca. Como o oxímetro é uma máquina estes

fatores (barulho, curiosos, etc..) não influenciam seu funcionamento, fazendo com que se tenha precisão nas medidas.

6.1.2 Desvantagens da oximetria de pulso no serviço de atendimento pré-hospitalar

As principais desvantagens da oximetria de pulso seriam:

- Custo
- Desconhecimento técnico por parte dos utilizadores
- Atual falta de um padrão
- As limitações já citadas no capítulo anterior (item 4.6)

A princípio o oxímetro de pulso se mostra um aparelho primoroso para aplicação no atendimento pré-hospitalar no entanto, como já supracitado existem algumas desvantagens que deve se levar em consideração. A parte de custo não chega a ser uma grande desvantagem, haja vista que uma vida não tem preço, parte dos gastos com aparelho seriam compensados com a economia de oxigênio, além do que o preço do aparelho em relação a uma viatura de Auto Socorro de Urgência (ASU) é mínimo (um aparelho custa entre R\$ 900 e R\$ 4.000,00, uma viatura ASU em média R\$ 140.000,00), sem mencionar os ganhos no atendimento a vítima proporcionado pelo mesmo. As outras limitações citadas podem ser resolvidas na base da definição de um padrão de uso e de treinamento dentro dos cursos de APH. Neste treinamento deve ser frisado o padrão de uso dando as bases para o correto manuseio do aparelho alertando sobre as limitações de uso e procedimentos a serem tomados na solução destas.

6.2 Definição do tipo de aparelho e tipo de sensor a ser utilizado pelas guarnições de APH.

O ambiente onde as guarnições de bombeiro trabalham, como se sabe requer agilidade. Além disso, depois que é efetuado um atendimento à vítima, esta é transportada dentro de uma viatura de auto socorro de urgência, que não dispõe de muito espaço para acomodar aparelhos grandes e equipamentos complexos.

Visando atender a necessidade de agilidade no atendimento e o pouco espaço nas viaturas, se torna bastante claro que no serviço de atendimento pré-hospitalar deve ser dada preferência aos oxímetros de dedo, fixado ao pulso e de mão, os quais já foram citados no item 4.3. Em uma seleção mais aprimorada entre os 3 modelos seria mais recomendado o oxímetro de mão que, embora não tão compacto quanto os de dedo e fixado ao pulso, apresenta um tamanho bastante reduzido e apresenta o recurso de alarme sonoro que os outros dois modelos ainda não possuem.

Deve ser dada preferência a modelos de aparelhos que sejam de fácil manuseio, que possuam displays com informações claras, que tenham medidor do estado da bateria, que apresentem alertas visuais e sonoros de queda da SpO₂ e frequência cardíaca, abaixo dos limites normais, e de frequência cardíaca (acima dos limites normais), além de outras características que sejam julgadas importantes.

Na parte relativa aos sensores é recomendável que se adquiram sensores de dedo ou de orelha, tanto para adultos como para crianças, pois, como já foi explanado anteriormente, a utilização de sensores impróprios nos indivíduos pode resultar em leituras errôneas.

Os sensores para oximetria de pulso ainda podem ser do tipo permanente reutilizável, ou descartável. Sensores reutilizáveis e descartáveis são encontrados para grande maioria das marcas e modelos de oxímetros de pulso. O tempo médio de utilização do sensor varia de acordo com o tipo: geralmente, sensores reutilizáveis podem permanecer em funcionamento por um período de seis meses a um ano; já os sensores descartáveis são de uso único (ECRI, 1999 apud FERNANDES 2001.)

Na hora de se adquirir o sensor deve se levar em consideração que apesar de mais higiênicos e seguros os sensores descartáveis podem vir a se tornar uma alternativa cara haja vista que segundo informações prestadas por fornecedores, os mesmos chegam a custar um terço do valor de um reutilizável, mas duram apenas uma vez, ao passo que um sensor reutilizável pode vir a durar mais de um ano.

6.3 Proposta de procedimento padrão para utilização do aparelho

6.3.1 Passagem de serviço

A passagem de serviço é onde ocorre um dos passos mais importantes na utilização do aparelho, pois é nela que se verificam condições que caso não observadas previamente poderão resultar em problemas durante o atendimento a vítima. Como qualquer outro equipamento utilizado pela guarnições do CBMSC, o oxímetro de pulso tem certos itens que devem ser checados pela guarnição que está entrando:

- Estado de conservação
- Ligar o aparelho verificar o estado das baterias e os alarmes
- Verificar os sensores
- Testar o aparelho em qualquer membro da guarnição a fim de verificar se o aparelho esta efetuando medidas corretas

O estado de conservação inclui todos os aspectos se o aparelho não apresenta nenhuma parte danificada, nenhuma parte faltando se o display funciona corretamente, etc.. Quem estiver checando o aparelho deve estar atento também às baterias, se as mesmas estiverem fracas deverão ser trocadas ou recarregadas, a fim de que o aparelho não venha a falhar no momento de um atendimento.

Outro fator muito importante é checar os alarmes, ver se estes estão programados em conformidade com os valores normais, para a frequência cardíaca e SpO₂. Caso não estejam deve se programar o aparelho para os valores corretos.

A guarnição que entra de serviço também deve estar atenta aos sensores, verificar seu estado de conservação, se não existe nenhuma parte quebrada, algum cabo rompido etc..

Por fim o último passo é checar o funcionamento geral do aparelho, aferindo a frequência cardíaca pela palpação e testando em um mesmo membro da guarnição para checar se o aparelho esta aferindo as medições corretamente.

6.3.2 Nas ocorrências

Durante o atendimento a ocorrência o aparelho deverá ser aplicado na fase de avaliação dirigida, como instrumento de aferição dos sinais vitais aonde serão determinadas a SpO₂ e frequência cardíaca além de constante monitoramento de ambos os sinais.

Apesar de entrar na fase de Avaliação dirigida, deve se destacar que devem ser levadas em consideração todas as fases do atendimento pois elas influenciarão na utilização do aparelho. Por exemplo: durante a fase de avaliação da cena, se a vítima se encontra em meio a um local com muita fumaça como em um incêndio, ele pode ter inalado muito monóxido de carbono, e como já citado anteriormente no item 4.6.8, o monóxido de carbono pode provocar leitura falsa pelo aparelho.

Ressalta-se aqui que o oxímetro não deve ser utilizado como instrumento para auxílio na determinação da aplicação ou não do oxigênio e nem para diagnósticos durante a fase de avaliação inicial, práticas muito comuns de serem vistas nas guarnições. Isso se deve as características do aparelho e ainda ao fato de que o oxigênio, salvo raríssimas exceções, não fará mal ao paciente quando em excesso. Portanto a fase de avaliação inicial deverá ocorrer normalmente seguindo-se todos os seus passos e ao seu final o oxigênio deverá ser aplicado normalmente.

Observadas as limitações então o socorrista na fase de avaliação dirigida deverá seguir basicamente os seguintes passos, ligar o aparelho, conectar o sensor a vítima, verificar e confirmar a leitura. Deve ser salientado que cada modelo possui peculiaridades de operação, como por exemplo modo de ligar diferente, display das informações diferente, etc.. portanto deve-se sempre consultar o manual para correto uso de cada modelo. No apêndice “A” encontra-se um exemplo de operação para um modelo do aparelho.

6.3.2.1 *Ligar o aparelho*

Deve-se sempre ligar primeiramente o aparelho, isso se deve ao fato de que muitos oxímetros se calibram a partir do momento em que são ligados, para agilizar o

atendimento liga-se o aparelho primeiro e enquanto procura-se o local adequado para fixá-lo ao paciente o mesmo já está sendo calibrado.

6.3.2.2 Conectar o sensor a vítima

Depois de ligado o aparelho deve-se procurar um local adequado para posicionar o sensor, normalmente os locais mais adequados são o dedo indicador de uma das mãos ou o lóbulo da orelha, dependendo do tipo de sensor, também é possível posicionar o sensor em locais como os demais dedos da mão e a ponta do nariz. Quando for conectar o sensor é importante fazer a limpeza adequada do local e tomar cuidado para não fixá-lo de maneira que leituras errôneas possam ser geradas, ou em locais onde a leitura possa ser equivocada, como por exemplo a mão do mesmo braço onde está posicionado o manguito para aferição de pressão.

6.3.2.3 Verificar e confirmar a leitura

Com o sensor já devidamente aplicado a vítima deve-se aguardar alguns segundos, normalmente até 10 segundos, para que o aparelho apresente uma leitura.

Deve se tomar cuidado para se ter certeza de que as leituras estão sendo dadas de forma correta, variações súbitas de valores, como por exemplo uma subida da SpO₂ de 80% para 96% em 1 segundo, devem ser tomadas como suspeitas. Se os valores apresentarem constância e não houverem outros motivos para suspeitar da leitura do aparelho o socorrista deve seguir o atendimento normalmente.

Caso o socorrista tenha dúvida sobre os valores apresentado pode checar o pulso do paciente através da técnica de palpação, caso a frequência cardíaca apresentada não seja semelhante a do aparelho provavelmente a SpO₂ também não será.

6.3.2.4 Continuação do atendimento

Depois que o aparelho já estiver conectado funcionando adequadamente, deve ser feita a aferição da SpO₂ e da frequência cardíaca. Dando sequência ao atendimento o socorrista deve tomar as atitudes cabíveis de acordo com os protocolos e treinamentos que recebeu para manter a vítima na melhor condição possível até sua chegada ao hospital. Ressalta-se aqui que para valores de saturação de oxigênio

inferior a 95% onde já se apresenta um grau de hipoxemia leve devem ser tomadas medidas para manutenção do nível adequado de oxigênio. A medida que o O₂ é ministrado deve ser verificado através do oxímetro se o procedimento está sendo eficiente, para que sejam tomadas medidas mais efetivas caso necessário, o socorrista deve procurar manter a SpO₂ em níveis dentro dos valores aceitáveis.

Tomadas as medidas necessárias o aparelho deve permanecer sempre conectado ao paciente, durante o restante da ocorrência, pois como visto anteriormente ele monitora em tempo real a SpO₂ e a frequência cardíaca, possuindo inclusive alarmes que alertarão o socorrista no caso de queda ou aumento de um destes sinais vitais, fazendo com que este tome providências.

6.3.3 Depois das ocorrências

Depois das ocorrências, a guarnição deverá recolher o aparelho, retirando-o da vítima assim que possível depois da chegada ao hospital. Recolhido o aparelho deverá ser procedida a manutenção do mesmo efetuando a sua limpeza.

A manutenção e limpeza deve ser executada de forma simples, verificando o estado de conservação do aparelho, o estado das baterias, o estado dos sensores. Durante a limpeza deve ser dada especial atenção aos sensores, já que sujeiras nestes podem vir a interferir na transmissão de luz o que poderá gerar medições erradas em ocorrências futuras. A limpeza do oxímetro e seus sensores pode ser feita com álcool a 70%. De acordo com Harada e Pedreira (1999):

Sendo os sensores equipamentos caros, a maioria dos hospitais realiza a reutilização ou reciclagem dos mesmos; portanto, para prevenir problemas de infecção cruzada através destes, deve-se realizar procedimento de limpeza conforme recomendação da Comissão de Controle de Infecção Hospitalar cada instituição, sendo a limpeza com água e sabão e álcool a 70% uma das técnicas mais utilizadas.

Depois de efetuada a limpeza e a manutenção o aparelho deve ser devidamente acondicionado de forma que esteja de fácil acesso aos socorristas, mas que não esteja exposto a qualquer fator físico ou químico que possa vir a danificá-lo, deve ser dada especial atenção aos sensores, os cabos devem ser acondicionados de forma que sejam evitadas dobras ou qualquer outro tipo de danos aos mesmos.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Novas tecnologias vêm sendo criadas para enriquecer a medicina de emergência, um dos principais ramos da medicina que é realizado em grande parte por bombeiros. É fundamental que as Corporações de Bombeiro estejam a par das novas tecnologias no intuito de sempre prestar o melhor serviço a população. Nesta pesquisa buscou-se dar embasamento para a utilização pelo Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina de um aparelho moderno que é o oxímetro de pulso.

Pode-se constatar que o oxímetro de pulso é um aparelho que monitora de forma não invasiva dois importantes sinais vitais, a saturação de oxigênio no sangue e a frequência cardíaca. A frequência cardíaca já vem sendo monitorada há anos através de outras técnicas, mas a saturação de oxigênio é um sinal vital mais recente, sendo possível de ser detectado no ambiente pré-hospitalar através do oxímetro de pulso.

Determinar a saturação de oxigênio no sangue é importante no sentido de se evitar males resultantes da falta desta substância no organismo. Sabe-se que quando existe a deficiência no fornecimento de oxigênio ao sangue surge a hipoxemia e que esta terá por consequência a hipóxia que é a falta de oxigênio nos tecidos. Sabe-se que valores normais de saturação de oxigênio no sangue são aqueles acima de 95%. Valores abaixo disso resultam em deficiência no fornecimento de oxigênio. A falta de oxigênio os tecidos impossibilita o trabalho das células, de forma que em estágios mais graves da falta de oxigênio o organismo humano pode entrar em colapso em poucos minutos, por isso é importante que exista o monitoramento da SpO_2 , a qual é realizada pelo oxímetro de pulso, para que se tomem providências quanto à esta falta de oxigênio.

O aparelho oxímetro de pulso funciona através da aplicação de dois princípios que são a espectrofotometria, ou seja, a medição da concentração de substâncias através da absorção de luz; e a fotopleletismografia, em que o volume de sangue arterial nos tecidos e a absorção de luz por esse sangue se alteram durante a

pulsação. O oxímetro de pulso determina a saturação de oxigênio pela hemoglobina (SpO₂) emitindo dois comprimentos de onda, um com luz vermelha e outro com infravermelha pelo leito arteriolar e medindo as mudanças na absorção de luz durante o ciclo pulsátil. Utiliza um sensor que possui, em um lado, um foto-emissor de luzes vermelha e infravermelha, no lado oposto, um fotorreceptor.

A transmissão de luz através da pele, tecidos, veias e capilares é constante, e com a pulsação arterial o sangue oxigenado entra no tecido, alterando as suas características de reflexão e absorção de luz. A hemoglobina saturada por oxigênio absorve mais a luz infravermelha, enquanto a desoxihemoglobina absorve mais luz vermelha. A diferença entre os dois componentes de luz absorvida pulsátil (arterial) e não pulsátil (venosa) é medida pelo aparelho, que calcula a saturação da hemoglobina do sangue arterial.

Apesar de a tecnologia estar bastante avançada nesse aspecto, ainda existem fatores que deixam o aparelho vulnerável, podendo prejudicar as leituras feitas por ele, como por exemplo: mal posicionamento do sensor, luz ambiente, baixa perfusão, hipotermia, entre outros. Tais fatores são de fácil controle, no entanto é necessário que haja treinamento adequado dos socorristas responsáveis por sua operação. As informações aqui apresentadas são gerais, podendo ocorrer a qualquer oxímetro, alguns terão mais limitações outros menos, isso varia de acordo com o fabricante e as tecnologias utilizadas pelo mesmo.

A última geração de oxímetros de pulso utiliza tecnologias desenvolvidas para aumentar a precisão em condições clínicas adversas. Hoje em dia, esse aparelho é tipicamente do tipo portátil, e é esse tipo de oxímetro de pulso que deveria ser incorporado aos instrumentos utilizados para o Atendimento Pré-hospitalar, juntamente com sensores reutilizáveis de tamanho apropriado para adultos e crianças. Isso se deve pelo fato de possuírem um custo mais baixo e manuseio mais fácil.

O oxímetro de pulso apresenta inúmeras vantagens: portabilidade, facilidade de uso, agilidade no atendimento, monitoramento constante da frequência cardíaca e SpO₂, presença de alarmes, ajuda a avaliar a eficiência dos procedimentos de

oxigenoterapia, etc. Possui algumas desvantagens, falta de treinamento, falta de um padrão de uso, custo, no entanto estas desvantagens podem ser sanadas de maneira simples através de treinamentos sendo que o custo de um aparelho é mínimo quando se pensa nas vidas humanas que podem ser salvas.

O objetivo primordial deste trabalho foi se destinar a fornecer embasamento para que fosse definido um padrão de uso para o aparelho dentro do APH prestado pelo CBMSC. Portanto, para operar o equipamento chega-se a uma proposta onde os socorristas devem estar atentos em três momentos, na passagem de serviço, durante e depois das ocorrências.

Na passagem de serviço a guarnição de Bombeiros Militares deve estar atenta aos aspectos relacionados ao estado de conservação e funcionamento para que o aparelho esteja sempre funcionando adequadamente no momento em que chegar à ocorrência.

Durante as ocorrências o socorrista deverá iniciar a utilização do aparelho durante a fase de avaliação dirigida, dentro da avaliação geral do paciente, para monitoramento de sinais vitais. Depois disso deverá permanecer o tempo todo conectado ao paciente, pois fornecerá constantemente as informações ao socorrista, além de possuir alarmes que alertarão sobre uma possível piora do estado do paciente, possibilitando a intervenção rápida da equipe de Atendimento Pré-Hospitalar. Quando for operar o aparelho o socorrista deve seguir a seguinte sequência: ligar o aparelho, conectar o sensor a vítima, verificar e confirmar a leitura.

Depois das ocorrências como qualquer outro equipamento utilizado no CBMSC os socorristas deverão recolher o oxímetro assim que possível e cuidar da limpeza, manutenção e conferência a fim de deixá-lo em condições de uso para a próxima ocorrência.

Finalizando, devido às informações que fornecem, pela simplicidade e rapidez de uso - a maioria basta colocar no dedo e observar o resultado em poucos segundos - oxímetros de pulso são de importância vital para a medicina de emergência e vêm crescendo mundialmente em utilização. Por isso, oxímetro de pulso deve ser um

equipamento disponível em todas as viaturas ASU e quartéis da corporação, sendo ferramenta fundamental no Atendimento Pré-hospitalar realizado pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. A realização de treinamentos de atualização dos socorristas do CBMSC e a elaboração de materiais de cunho explicativo é essencial para posterior aperfeiçoamento do Atendimento Pré-Hospitalar prestado a população.

Como última observação ressalta-se a relevância da continuidade das pesquisas na área de Atendimento Pré-Hospitalar, devido a importância da mesma para os serviços prestados pelo CBMSC. Sugere-se que a partir deste trabalho se desenvolvam pesquisas relacionando a oximetria de pulso às técnicas de oxigenoterapia, também a realização de pesquisas no intuito de saber como está o andamento da utilização do oxímetro de pulso na corporação. Outras sugestões são pesquisar a relação entre baixa saturação de O₂ e os diferentes traumas e doenças, e um estudo sobre os modelos de aparelho utilizados pelo CBMSC, relacionado as limitações, para determinar qual é a real influência destas limitações na operações do aparelho.

REFERÊNCIAS

BERGERON et al. **Primeiros socorros**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2007. 608p.

BERKOW, Robert. **Manual Merck de informação médica: saúde para a família**. 16. ed. Barueri: Manole, 2002. 1595p.

BODACZNY, Lucas Alberto. **Proposta metodologia para aquisição de dados biotelemétricos em tempo real**. 2007. 126 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção e Sistemas) - Pontífica Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2007.

BORRUEL, Miguel. **Algunas consideraciones sobre el funcionamiento y buen uso de los pulsioxímetros**. Disponível em: <www.electromedik.com.ar/reflexiones_oximetro.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2008.

BOTELHO, João Luiz. **Desfibrilador externo automático – utilização pelo Corpo de Bombeiros**. 1999. 51 f. Monografia (Pós-Graduação em Administração em Segurança Pública) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

CARNEIRO, José Ananias. **A fisiologia senil relacionada ao Atendimento Pré-Hospitalar no Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina**. 2007. 80 f. Monografia (Graduação em Tecnologia em Gestão de Emergências) - Universidade do Vale do Itajaí, São José, 2007.

CBMSC - Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Curso de formação de socorristas em Atendimento Pré-Hospitalar básico**: Manual do participante. Florianópolis, 2008a.

CBMSC - Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. **Curso de formação de socorristas em Atendimento Pré-Hospitalar básico**: Documentação inicial ao participante. Florianópolis, 2008b.

CBPMESP. – Corpo de Bombeiros da Polícia Militar do Estado de São Paulo. **Manual de resgate e emergências médicas**. 1. Ed. Vol. 12 São Paulo: PMESPCCB, 2006.

CBPR – Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Paraná. **Manual de atendimento pré-hospitalar**. Curitiba, 2006

CONSELHO REGIONAL DE MEDICINA DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Atendimento Pré-Hospitalar e transferência inter-hospitalar de urgência e emergência em Santa Catarina**. Florianópolis, 2000. Disponível em: <<http://200.102.6.108/homepage/emergencia/diretriz.htm>>. Acesso em: 25 de novembro de 2008.

DANGELO, J. G.; FATTINI, C. A. **Anatomia humana sistêmica e segmentar**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2000.

FERNANDES, Reinaldo. **Oxímetros de pulso: operação, funcionalidade e segurança**. 2001. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Florianópolis, 2001.

GLOBULOS Brancos Vs Glóbulos Vermelhos. Disponível em: <doutormadrid.blogs.sapo.pt/2008/01/>. Acesso em: 07 dez. 2008.

GUYTON, Arthur C.; HALL, John E. (John Edward). **Tratado de fisiologia médica**. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. 831p.

_____. (Org.). **Tratado de fisiologia médica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002. 973p.

HARADA, Maria de Jesus Castro Sousa. PEDREIRA, Mavilde da L. Gonçalves. **Oximetria de Pulso Arterial**. In: CHAUD, Massae Noda. PETERLINI, Maria Angélica Sorgini. HARADA, Maria de Jesus Castro Sousa. PEREIRA, Sônia Regina. **O Cotidiano da Prática de Enfermagem Pediátrica**. São Paulo: Atheneu. 1999, 224p.

HISTORY of Pulse Oximetry Disponível em: <www.oximeter.org>. Acesso em: 10 nov. 2008.

JUNQUEIRA, Luiz Carlos Uchoa; CARNEIRO, José. **Histologia básica: texto, atlas**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KENDRICK, Adrian. **The buyers' guide to respiratory care products**. Sheffield: Latimer Trend, 2008.

LAZZARIS, M. A.; et al. **Protocolo de Atendimento Pré-Hospitalar**. Santa Catarina, 1999.

LIMITATIONS of Pulse Oximetry: Effects of Methemoglobin on Pulse Oximetry. Disponível em: <www.oximeter.org>. Acesso em: 10 nov. 2008.

LIMMER, Daniel; O'KEEFE, Michael F. **Emergency care**. 10. ed. New Jersey: Brady, 2005.

LUTKE, Claudia. **Hipóxia/hipoxemia transoperatória. Faça o diagnóstico localize e trate**, Recife, 19 nov. 2001. Disponível em: <www.anestesiologia.com.br/artigos.php?itm=25>. Acesso em: 26 nov. 2008.

JUNIOR, Célio Ribeiro et al.; **Manual Básico de Socorro de Emergência**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Atheneu, 2007. 406p.

MOTTA, V. T. **Bioquímica clínica: Princípios e Interpretações**. 4. ed. Missau, 2003.

NELLCOR. **Manual do operador N600-x**. Pleasanton: Nellcor, 2007. 204 p.

NETO, Aldo Batista. **Análise do serviço de atendimento pré-hospitalar do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina no modelo de gestão descentralizada**. 2007. 52 f. Monografia (Especialização em Gestão de Serviços de Bombeiros) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

OLIVEIRA, Marcos de. **Fundamentos do socorro pré-hospitalar: manual de suporte básico de vida para socorristas**. 4. ed. Florianópolis: Editograf, 2004.

PHILIPS, C. U.; ROSENBERG, Donald, SHATZ, David; **Miami Dade County Fire Rescue Department: Medical Emergency Manual**. 2002-2003 ed.: Miami: Allied Printing Trades Council, 2002

PRINCIPLES of Pulse Oximetry Technology: Disponível em: <www.oximeter.org>. Acesso em: 10 nov. 2008.

PULMOLINK, **What does a pulse oximeter tell you?**. Disponível em:
<http://www.pulmolink.co.uk/products/pulse_oximeters/what-oximeter-tells-you.html>.
Acesso em: 02 dez. 2008.

PULSÍOXIMETROS. Disponível em
<<http://html.rincondelvago.com/pulsioximetros.html>>. Acesso em: 26 nov. 2008.

ROCHA, Maria da Graça Coutinho. **Aspiração nasotraqueal profunda precedida de manobras fisioterápicas no tratamento de atelectasia de reabsorção por rolha de secreção em recém-nascidos**. 2006. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Médicas) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SANTA CATARINA. **Constituição do Estado de Santa Catarina, de 05 de outubro de 1989**. Assembléia Legislativa. Florianópolis: 1989.

SISTEMA Cardiovascular. Disponível em:
<<http://www.auladeanatomia.com/cardiovascular/angiologia.htm#cardio>>. Acesso em: 05 dez. 2008.

TIRELO, Cassiano Maroquio. **Oxímetro de pulso**. 2006. 40 f. Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

VALCAPELLI, Valdeci; GASPARETTO. **Metafísica da saúde**: vol.2 sistemas circulatório, urinário e reprodutor. 3. ed. São Paulo: Vida & Consciência, 2005, 176p.

APÊNDICES

Apêndice A – Procedimento de utilização do oxímetro de pulso

1-Inicialmente deve-se ligar o aparelho.



2-Enquanto o aparelho liga, escolher um local adequado para aplicação.



3-Em seguida deve-se conectar adequadamente o sensor (probe) a vítima



4-Por fim realizar a leitura dos sinais vitais.