



Master's Thesis

Análise de dados da ambiência em Unidades de Terapia Intensiva

Arthur Monteiro Alves Melo
monteiroamelo@gmail.com

Advisor:
Dr. André Luiz Lins de Aquino

Maceió
Março, 2022

Arthur Monteiro Alves Melo

Análise de dados da ambiência em Unidades de Terapia Intensiva

A thesis submitted by Arthur Monteiro Alves Melo in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science in Informatics at the Federal University of Alagoas, Computing Institute.

Adviser:

Dr. André Luiz Lins de Aquino

Maceió
Março, 2022

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central

Bibliotecária: Jorge Raimundo da Silva – CRB-4 –1528

M528p Melo, Arthur Monteiro Alves.
Análise de dados da ambiência em Unidades de Terapia Intensiva / Arthur Monteiro Alves Melo. – 2022.
54 f.

Orientador: André Luiz Lins de Aquino.
Dissertação (Mestrado em informática) – Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Letras. Instituto de Computação – IC/Ufal. Maceió, 2022.

Bibliografia: f. 50-54.

1. Análise de dados – UTI. 2. Dados estatísticos – UTI. 3. Monitoramento ruidos – UTI. I. Título.

CDU: 519.25

Acknowledgement

Gostaria de agradecer ao laboratório LACCAN pela ajuda ao longo do processo, principalmente ao Professor André e aos alunos Givanildo Lima e Igor Pontes. Também gostaria de agradecer a minha noiva Clara pelo apoio e ajuda no trabalho, que com certeza me fez chegar até aqui. Agradecer também a todo o time da Florence Smart Health, que com sua sagacidade conseguiu duas UTIs para a gente conseguir fazer a colheita dos dados. Ao time da Santa Mônica que me aguentou lá várias vezes fazendo ajustes no sistema. Por fim, agradecer a minha família por tudo que fazem por mim, em especial a minha mãe, Maria Josiete, que serviu muitos cafezinhos para me ajudar a focar no trabalho :).

Resumo

A Unidade de Terapia Intensiva é um ambiente essencialmente artificial, pois concentra pacientes criticamente enfermos, profissionais altamente especializados e equipamentos de ponta para diagnóstico, tratamento e monitorização contínuos. Sua dinâmica de funcionamento pode resultar em um ambiente pouco acolhedor, afetando a saúde e bem-estar de seus ocupantes. Variáveis ambientais são frequentemente relacionadas a diversos problemas de saúde, tais como: exposição a altos níveis de ruído por longos períodos pode resultar em aumento da pressão arterial e frequência cardíaca, além de distúrbios auditivos; iluminação inadequada pode provocar fadiga visual, cefaleia, distúrbios de sono e irritação; a temperatura do ambiente associada à umidade relativa pode causar secura em pele, olhos e garganta; e temperatura e umidade podem influenciar na proliferação de fungos, ácaros, vírus e bactérias. Excesso de ruído e iluminação inadequada estão relacionados à perturbação do sono em pacientes internados em Unidades de Terapia Intensiva. Isto pode ocasionar interrupção no ciclo circadiano e, por fim, potencializar o surgimento de delírium: um estado grave de confusão mental que dificulta a recuperação do paciente, interfere no prognóstico e pode deixar sequelas cognitivas. Para os profissionais, o ambiente pode ser um amplificador dos níveis de estresse e fadiga, contribuindo com o desenvolvimento de sintomas da síndrome de Burnout. O prejuízo na performance pode levar ao aumento na taxa de erros e culminar em pior qualidade da assistência e prejuízo à segurança do paciente. Além disso, a falta de controle sobre a temperatura e umidade do ar podem prejudicar desde o funcionamento de equipamentos até a qualidade de insumos. Variáveis como ruído, iluminação, temperatura e umidade são raramente monitoradas em conjunto e de modo contínuo. Sem essas informações, dificilmente estabelecimentos hospitalares têm indicadores e protocolos eficazes para auxiliar na criação de um espaço produtivo, acolhedor e humano – cerne do modelo atual de gestão na saúde. Motivado por esse ambiente delicado, este trabalho apresenta um sistema embarcado de monitoramento de variáveis ambientais, a coleta e avaliação de dados captados em Unidades de Terapia Intensiva Adulta (UTI) e neonatal (UTIN). Esse sistema monitora as variáveis ruído, luminosidade, temperatura e umidade durante 24 horas por dia e 7 dias da semana. Coletamos dados de variáveis ambientais (ruído, luminosidade, temperatura e umidade). Os dados foram coletados com a frequência de 30 segundos durante 1 mês em cada local. O monitoramento ocorreu em uma UTIN e em uma UTI Adulta, que na época estava focada no tratamento dos pacientes com Covid-19. Essas informações serviram para as UTIs monitoradas como um retrato de sua ambiência durante, demonstrando o que está indo bem e

o que precisa ser melhorado para chegar em um resultado ótimo. Para a avaliação dos dados foram usadas, métricas da estatística descritiva como média, máximo, mínimo e desvio padrão. Além dessas métricas, com o objetivo de identificar padrões e características mais relacionadas aos sistemas dinâmicos que descrevem os dados utilizamos métricas mais sofisticadas como a entropia clássica de Shannon.

Palavras-chave: Análise de dados, monitoramento de UTI

Abstract

The Intensive Care Unit is an essentially artificial environment, as it concentrates critically ill patients, highly specialized professionals and state-of-the-art equipment for continuous diagnosis, treatment and monitoring. Its operating dynamics can result in an unwelcoming environment, affecting the health and well-being of its occupants. Environmental variables are often related to various health problems, such as: exposure to high levels of noise for long periods can result in increased blood pressure and heart rate, in addition to hearing disorders; inadequate lighting can cause eyestrain, headache, sleep disturbances and irritation; ambient temperature associated with relative humidity can cause dryness of the skin, eyes and throat; and temperature and humidity can influence the proliferation of fungi, mites, viruses and bacteria. Excessive noise and inadequate lighting are related to sleep disturbance in patients admitted to Intensive Care Units. This can disrupt the circadian cycle and, ultimately, potentiate the emergence of delirium: a severe state of mental confusion that makes it difficult for the patient to recover, interferes with the prognosis and can leave cognitive sequelae. For professionals, the environment can be an amplifier of stress and fatigue levels, contributing to the development of symptoms of Burnout syndrome. Impaired performance can lead to an increase in the error rate and culminate in poorer quality of care and impaired patient safety. In addition, the lack of control over the temperature and humidity of the air can affect from the operation of equipment to the quality of inputs. Variables such as noise, illuminance, temperature and humidity are rarely monitored together and continuously. Without this information, hospitals hardly have indicators and effective protocols to help create a productive, welcoming and humane space – the core of the current health management model. Motivated by this delicate environment, this work presents an embedded system for monitoring environmental variables, collecting and evaluating data captured in Adult Intensive Care Units (ICU) and Neonatal Intensive Care Units (NICU). This system monitors noise, luminosity, temperature and humidity variables 24 hours a day and 7 days a week. We collected data on environmental variables (noise, light, temperature and humidity). Data were collected at a frequency of 30 seconds for 1 month at each site. Monitoring took place in a NICU and an Adult ICU, which at the time was focused on treating patients with Covid-19. This information served to the monitored ICUs as a portrait of their environment during, demonstrating what is going well and what needs to be improved to reach an optimal result. For data evaluation, descriptive statistics metrics such as mean, maximum, minimum and standard deviation were used. In addition to these metrics, in order to identify

patterns and characteristics more related to the dynamic systems that describe the data, we use more sophisticated metrics such as Shannon's classical entropy.

Palavras-chave: Data analyses, ICU monitoring

Sumário

Lista de Figuras	viii
Lista de Tableas	ix
1 Introdução	1
2 Fundamentação Teórica	4
2.1 Ruído sonoro	4
2.2 Medindo a iluminância	5
2.3 Temperatura e a umidade relativa do ar	6
2.4 Ciclo circadiano em UTI	7
2.5 Recém-nascido no ambiente UTI	8
2.6 Teoria da Informação	10
2.7 Trabalhos relacionados	13
3 Objetivos Geral e Específicos	14
4 Criação do dispositivo	15
4.1 Projeto de Hardware	15
4.2 Projeto de Firmware	15
5 Monitoramento de UTI	18
6 Análise dos dados da UTI adulta	21
6.1 Ambientes de circulação	21
6.2 Ambientes para tratamento dos pacientes	24
7 Análise dos dados da UTI neonatal	29
8 Análise dos dados baseado em Teoria da Informação	36
8.1 Cenário A: UTI adulta	36
8.2 Cenário B: UTIN	37
9 Conclusões e Trabalhos Futuros	39

Lista de Figuras

2.1	A porção óptica do espectro eletromagnético. [Retirada de (Ryer, 1997)]	5
2.2	Iluminância. [Retirada de (Ryer, 1997)]	6
2.3	Relação entre a pressão vapor com a temperatura. [Retirada de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Water_vapor_pressure_graph.jpg]	7
2.4	Ar sendo aquecido em cubo hermético. [Retirada de (Guths, 2012)]	8
2.5	Processo de resfriamento de um ar enclausurado. [Retirada de (Guths, 2012)]	8
4.1	Dispositivo Florence Environment	16
4.2	Formato do pacote enviado	17
4.3	Fluxo do monitoramento	17
5.1	Sistema de monitoramento	18
5.2	Disposição dos dispositivos pela UTI	19
5.3	Disposição dos dispositivos pela UTIN	20
6.1	Porcentagem dos dados dentro dos padrões normatizados x Variáveis no Posto central.	22
6.2	Porcentagem dos dados dentro dos padrões normatizados x Variáveis no Corredor.	23
6.3	Iluminância média no período de monitorização no Posto central e no Corredor.	23
6.4	Ruído médio no período de monitorização no Posto central e no Corredor.	24
6.5	Temperatura média no período de monitorização no Posto central e no Corredor.	24
6.6	Umidade média no período de monitorização no Posto central e no Corredor.	25
6.7	Porcentagem dos dados dentro dos padrões normatizados no Leito 19.	26
6.8	Iluminância média no período de monitorização no leito.	27
6.9	Ruído médio no período de monitorização no leito.	27
6.10	Temperatura média no período de monitorização no leito.	27
6.11	Umidade média no período de monitorização no leito.	28
7.1	Valores médio do dispositivo 1 durante os turnos.	30
7.2	Valores dentro da norma do dispositivo 1 em colorido.	30
7.3	Valores médio do dispositivo 2 durante os turnos.	31
7.4	Valores dentro da norma do dispositivo 2 em colorido.	32
7.5	Valores médio do dispositivo 3 durante os turnos.	33
7.6	Valores dentro da norma do dispositivo 3 em colorido.	34
7.7	Luminosidade média no período de monitorização.	34
7.8	Ruído médio no período de monitorização.	35
7.9	Temperatura média no período de monitorização.	35
7.10	Umidade média no período de monitorização.	35

8.1	Plano Entropia x Complexidade dos dispositivos na UTI	37
8.2	Plano Entropia x Complexidade dos dispositivos na UTIN	38

Lista de Tabelas

2.1	Intensidade sonora de algumas atividades na UTI neonatal tradicional. [<i>Retirada de (da Saúde do Brasil, 2017)</i>]	10
2.2	Meio ambiente acústico útero x UTIN. [<i>Retirada de (Gray and m Kathleen Philbin, 2004)</i>]	11
5.1	Turnos adotados na análise dos resultados.	19
5.2	Limites normativos adotados.	20
6.1	Medidas estatísticas que descrevem as variáveis ambientais no Posto central	25
6.2	Medidas estatísticas que descrevem as variáveis ambientais no Corredor	26
6.3	Medidas estatísticas que descrevem as variáveis ambientais no leito	28
7.1	Medidas estatísticas que descrevem as variáveis ambientais no dispositivo 1	29
7.2	Medidas estatísticas que descrevem as variáveis ambientais no dispositivo 2	31
7.3	Medidas estatísticas que descrevem as variáveis ambientais no dispositivo 3	32

Capítulo 1

Introdução

O termo Internet das Coisas (em inglês, *Internet Of Things*) foi citado pela primeira vez por Kevin Ashton em 1999 no contexto da gestão da cadeia de alimentos (Ashton, 2009). Contudo, ao longo dos anos a definição se abrangeu a uma série de aplicações como saúde, serviços públicos, transporte e várias outras (Sundmaeker et al., 2010).

O conceito IoT, portanto, visa tornar a Internet ainda mais imersiva e abrangente. Além disso, ao possibilitar fácil acesso e interação com uma grande variedade de dispositivos como, por exemplo, eletrodomésticos, câmeras de vigilância, sensores de monitoramento, atuadores, displays, veículos e assim por diante, a IoT fomenta o desenvolvimento de diversas aplicações que fazem uso da enorme quantidade e variedade de dados gerados por esses objetos para fornecer novos serviços aos cidadãos, às empresas e às administrações públicas (Zanella et al., 2014).

Um estudo recente de McKinsey estima que o impacto de Internet das Coisas será entre \$3.9 até \$11 trilhões de dólares em 2025 (McKinsey&Company, 2015). Isso se explica pelo fato que IoT tem se tornado cada vez mais real e aplicada graças à evolução dos meios de transmissão e acesso à internet, aumento da capacidade para armazenamento, processamento e análise de dados, somados à diminuição de tamanho e custo dos microprocessadores (Guardian, 2016).

Neste cenário complexo, a aplicação do paradigma de IoT para um contexto urbano é de forte interesse, uma vez que responde à forte pressão de muitos governos nacionais para adotar soluções de TIC (Tecnologia da Informação e Comunicação) na gestão dos assuntos públicos, realizando assim o chamado conceito de Cidades Inteligentes (Schaffers et al., 2011).

Para (Washburn et al., 2010) Cidades Inteligentes são o uso de tecnologias *Smart Computing* para tornar os componentes e serviços de infra-estrutura críticos da cidade (que incluem administração municipal, educação, saúde, segurança pública, imóveis, transporte e utilitários) mais inteligentes, interconectados e eficientes.

São várias as aplicações possíveis usando o conceito de Cidades Inteligentes, dentre elas o monitoramento e controle de ambientes. Segundo (Aquino, 2015), o ponto chave na definição de espaços inteligentes é que eles devem possuir uma estrutura especial que permita aos

ocupantes controlarem e programarem automaticamente ou que o próprio ambiente se adapte autonomamente ao comportamento dos ocupantes.

Todo esse impacto também atinge a medicina. Esse casamento de medicina e TIC, comumente denominado *Smart Health*, transformará a saúde como conhecemos, reduzindo custos, ineficiências e salvando vidas.

Com o crescente apelo nas unidades de terapia intensiva neonatais de manter o cuidado mais humanizado possível, o controle e identificação do ruído nesses ambientes surge como um grande interesse por profissionais da saúde e gestores desses estabelecimentos. Exposição a altos níveis de ruído por longos períodos pode resultar em aumento da pressão arterial e frequência cardíaca. Já existem boas práticas, como a "Hora do Psiu" (Strauch et al., 1993), para atenuar esses sons prejudiciais nas unidades de terapia intensiva neonatais (UTINs).

Os ritmos biológicos são parte da fisiologia dos organismos vivos, existindo enquanto mecanismos adaptativos ao ambiente. Diversas atividades fisiológicas apresentam comportamento rítmico, sendo o ciclo sono/vigília um dos exemplos mais clássicos de ritmos circadianos manifestados pelo nosso organismo (Waterhouse et al., 2012). Nesse contexto, os níveis de ruído, aos quais os seres humanos são expostos todos os dias podem afetar diretamente a qualidade de vida de um indivíduo. Os efeitos fisiológicos se iniciam a partir de 65 dB(A) quando o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal é sensibilizado em adultos gerando a secreção de elevados níveis de adrenalina, noradrenalina e corticosteroides, tendo como consequência a elevação da pressão arterial, alterações do ritmo cardíaco e vasoconstrição periférica (Oliveira et al., 2013).

Distúrbios do ciclo sono/vigília são muito comuns em ambientes hospitalares, tanto em pacientes internados quanto em funcionários que realizam plantões. A interrupção de sono tem efeitos potencialmente prejudiciais à saúde, sendo que em pacientes internados pode contribuir para o aumento de tempo de internação (Lôbo et al., 2010). O ambiente hospitalar parece agir como um dificultador da indução e manutenção do ciclo sono/vigília, na medida em que nem sempre permite contato com a iluminação do ambiente. Isso sujeita os pacientes e funcionários à iluminação durante a noite e promove interrupção do sono em decorrência das avaliações e intervenções de rotina e emergenciais (Bano et al., 2014).

A qualidade de vida das pessoas é influenciada pela qualidade do ar que respiram (Vieira et al., 2016). No caso específico de unidade de saúde, a qualidade do ar pode exercer uma influência direta e de grande significância na velocidade de recuperação dos pacientes e na frequência de ocorrência de infecções relacionadas à assistência a saúde, nesse contexto, temperatura e umidade são as variáveis preponderantes na qualidade do ar em ambientes climatizados artificialmente. No Brasil a resolução RE nº 9, da Anvisa (ANVISA, 2003) estabelece padrões de referência para a qualidade do ar interior, em ambientes climatizados artificialmente, de uso público e coletivo. A faixa recomenda as operações das temperaturas, nas condições internas para verão, deverá variar entre 23°C a 26°C e no inverno a faixa recomendável de operação deverá variar entre 20°C a 22°C. No caso da Umidade Relativa do ar, a faixa recomendada nas condições internas para verão necessitará variar entre 40% a 65%, já no inverno a faixa

recomendável fica entre 35% a 65%.

Todos esses aspectos físicos do ambiente podem desequilibrar o comportamento humano, principalmente em recém-nascidos, nos quais qualquer alteração é capaz de acarretar deficit no desenvolvimento neuropsicomotor ao longo de suas vidas (Cioni and Sgandurra, 2013). Sendo assim, é necessário manter o ambiente da Unidade de Terapia Intensiva Neonatal (UTIN) o mais acolhedor e confortável possível, mantendo níveis de iluminação, ruído, temperatura e umidade com o padrão de qualidade esperado, propiciando um tratamento segura e eficaz.

Motivado por esse cenário, o objetivo desse trabalho foi desenvolver e aplicar um sistema de monitoramento passivo em tempo real para coleta as variáveis ambientais em uma UTI adulta e uma UTI neonatal. Com esses dados é realizamos uma análise detalhada que favorece a tomada de decisão sobre esses ambientes monitorados. Esse sistema monitora as variáveis ruído, luminosidade, temperatura e umidade durante 24 horas por dia e 7 dias da semana. Coletamos dados de gravações de áudio e variáveis ambientais (ruído, luminosidade, temperatura e umidade). Os dados foram coletados com a frequência de 30 segundos durante 1 mês em cada local. O monitoramento ocorreu em uma UTIN e em uma UTI Adulta, que na época estava focada no tratamento dos pacientes com Covid-19. Essas informações serviram para as UTIs monitoradas como um retrato de sua ambiência durante, demonstrando o que está indo bem e o que precisa ser melhorado para chegar em um resultado ótimo.

Foi possível determinar os níveis de ruídos em decibéis, iluminância em lux, temperatura em grau Celsius e a taxa de umidade no ambiente monitorado. Na análise, como são dados de diferentes locais e também de tipos diferentes, foram feitas duas análises: uma análise estatística e outra utilizando teoria da informação. Na análise estatística foram usadas as métricas média, máxima, mínimo e desvio padrão. Além dessas métricas, com o objetivo de identificar padrões e características mais relacionadas aos sistemas dinâmicos que descrevem os dados utilizamos métricas mais sofisticadas como a entropia clássica de Shannon.

As principais contribuições desse trabalho são: um sistema de captação automatizada das variáveis ambientais (ruído, luminosidade, temperatura umidade); análise de dados de forma convencional e com a entropia normalizada de Shannon.

O trabalho segue com a seção 2 que relata o embasamento teórico e alguns trabalhos relacionados; seção 3 que fala do objetivo geral e específicos; seção 4 que mostra como o dispositivo IoT foi elaborado juntamente com seu firmware; seção 5 que apresenta a proposta de dissertação do trabalho; seção 6 que mostra a análise em UTI adulta; seção 7 que mostra a análise em UTI neonatal; seção 8 que mostra a análise usando a Entropia Normalizada de Shannon; e seção 9 que apresenta a conclusão do trabalho produzido.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Neste capítulo apresentamos alguns conceitos básicos sobre as variáveis ruído sonoro, luminosidade, temperatura e umidade relativa do ar. Além de falarmos um pouco sobre o ciclo circadiano em UTI e como isso afeta os RNs. Por fim, também é mostrada a teoria sobre o plano Complexidade x Entropia, que usamos em nossos resultados.

2.1 Ruído sonoro

O ruído pode ser visto como uma forma de poluição acústica tanto quanto o óxido de carbono (CO) é para o ar (Maisonneuve et al., 2009). Segundo (Aurelio, 2009), o ruído é capaz de ser conceituado como sendo uma mescla de sons com frequências que não seguem lei precisa e que diferem entre si por valores imperceptíveis ao ouvido humano, ou ainda, como sendo qualquer som que cause nas pessoas efeitos inesperados e desagradáveis. O ouvido humano capta ondas sonoras com frequências compreendidas entre 20 Hz (sons graves) e 20000 Hz (sons agudos) (Mendez, 1994). O nível de pressão sonora é o parâmetro utilizado quando o objetivo é a avaliação de situações de incomodidade ou de risco de trauma auditivo e é expresso por uma relação logarítmica entre a pressão medida e a pressão de referência, cuja a unidade é o decibel (dB). A escala em dB é a mais usada para descrever níveis sonoros conforme soariam ao ouvido humano, pois leva em consideração o fato de os seres humanos não escutarem bem os extremos de frequência (a maioria das informações utilizadas pelos seres humanos encontra-se na faixa de 125 Hz a 4000 Hz). Por não ser uma escala linear, um local com 75 dB de ruído é percebido como quatro a oito vezes mais ruidoso que outro com 55 dB. Cada aumento de 10 dB é percebido pelo ouvido humano como uma duplicação da intensidade sonora percebida.

$$\text{NPS} = 10 \log\left(\frac{P}{P_0}\right)^2 = 20 \log\left(\frac{P}{P_0}\right) \quad (2.1)$$

onde,

- **NPS**: Nível de pressão sonora, em decibéis (dB(A))

- **log**: Base 10
- **P**: Valor eficaz da pressão, em pascals
- **P_o**: Pressão sonora de referência, em pascals (ABNT, 2017)

2.2 Medindo a iluminância

A luz é apenas uma parte das várias ondas eletromagnéticas que voam através do espaço. O espectro eletromagnético cobre uma gama extremamente ampla, de ondas de rádio com comprimentos de onda de um metro ou mais, até raios-x com comprimentos de onda inferiores a um bilionésimo de metro. A radiação óptica fica entre ondas de rádio e raios-x no espectro, exibindo uma mistura única de raios, ondas, e propriedades quânticas (Ryer, 1997).

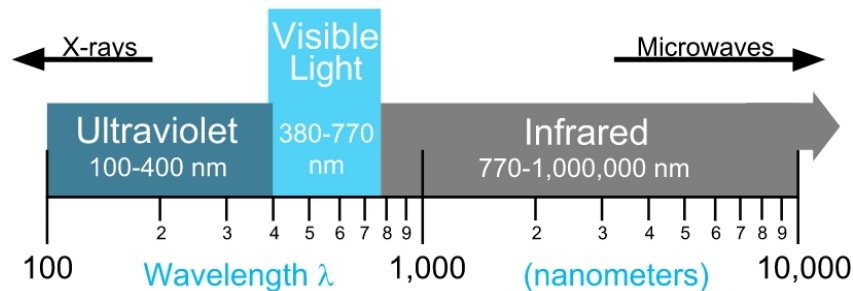


Figura 2.1: A porção óptica do espectro eletromagnético. [Retirada de (Ryer, 1997)]

A iluminância é uma medida do fluxo fotométrico por unidade de área, ou visível densidade de fluxo. A iluminação é tipicamente expressa em lux (lumens por metro quadrado) ou pé-velas (lumens por pé quadrado).

$$E = \frac{\phi}{A} \quad (2.2)$$

onde,

- **E**: Iluminância, em lux
- ϕ : Fluxo luminoso, em lumens
- **A**: Área, em metros quadrados (USP, 2018)

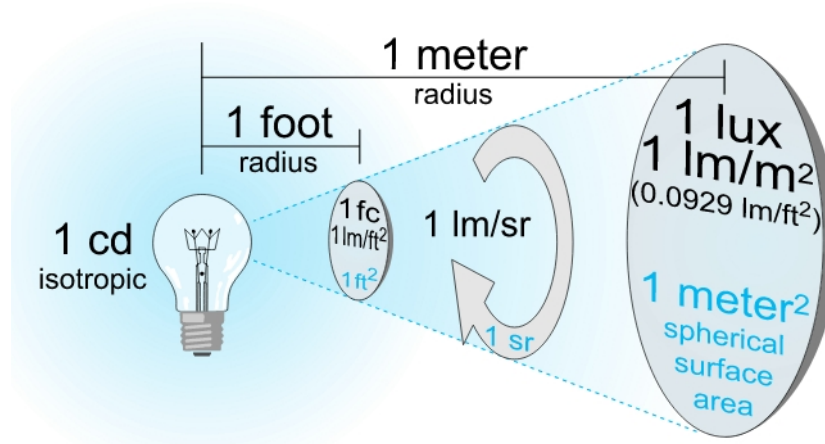


Figura 2.2: Iluminância. [Retirada de (Ryer, 1997)]

2.3 Temperatura e a umidade relativa do ar

A umidade relativa é comumente definida de duas formas, seja como a relação da pressão real do vapor de água ε para a pressão de vapor de equilíbrio sobre um plano de água ξ (muitas vezes chamado de pressão de vapor "saturação") (Lawrence, 2005).

$$UR = 100 \frac{\varepsilon}{\xi} \quad (2.3)$$

onde,

- **UR**: Umidade relativa do ar, em porcentagem
- ε : Pressão real do vapor de água, em pascals
- ξ : Pressão de vapor de equilíbrio sobre um plano de água, em pascals

Ou a relação de mistura da massa seca real do vapor de água ω com a razão de mistura Ω de equilíbrio (ou saturação) à temperatura ambiente e pressão.

$$UR = 100 \frac{\omega}{\Omega} \quad (2.4)$$

A pressão de vapor é uma propriedade física que depende do valor da temperatura, como é visto na figura 2.3.

A Umidade relativa apresenta ainda uma peculiaridade: um ar mais quente consegue suportar mais água na forma de vapor, assim quando a temperatura aumenta a umidade relativa diminui, e vice versa (Guths, 2012).

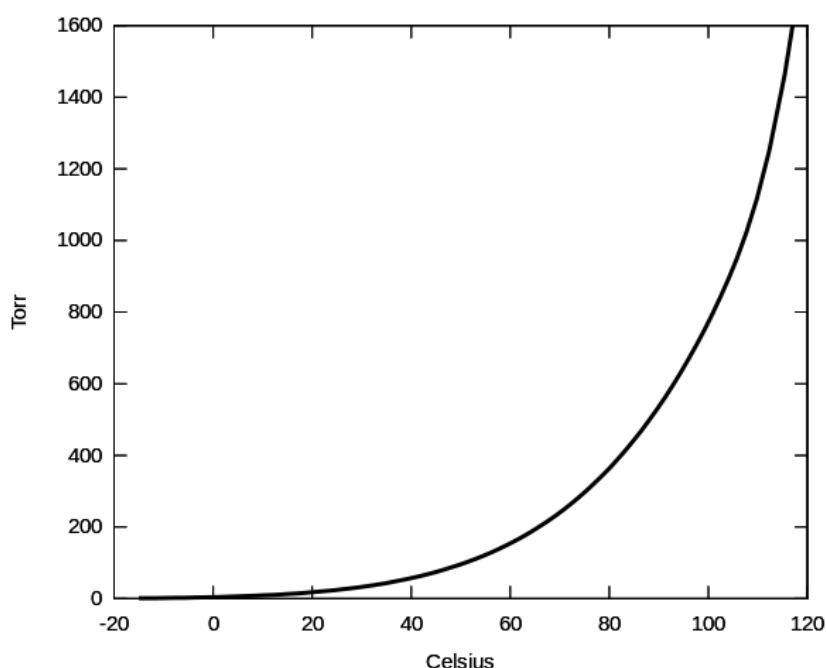


Figura 2.3: Relação entre a pressão vapor com a temperatura. [Retirada de https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Water_vapor_pressure_graph.jpg]

Em ambientes artificialmente refrigerados, normalmente essa lógica não é obedecida, pois sistemas de refrigeração em seu processo de resfriamento retiram a densidade de água do ar desumidificando o ambiente.

2.4 Ciclo circadiano em UTI

Os ritmos biológicos são parte da fisiologia dos organismos vivos, existindo enquanto mecanismos adaptativos ao ambiente. Diversas atividades fisiológicas apresentam comportamento rítmico, sendo o ciclo sono/vigília um dos exemplos mais clássicos de ritmos circadianos manifestados pelo nosso organismo (Marques and Menna-Barreto, 2003).

O período de 24 horas sobre qual se baseia o ciclo anabólico de quase todos os seres vivos é chamado de ritmo circadiano, ele é influenciado principalmente pela variação de luz, temperatura, ruídos, marés e ventos entre o dia e a noite. Nesse contexto, um fator extremamente importante são os níveis de ruído aos quais os seres humanos são expostos todos os dias. Os efeitos fisiológicos se iniciam a partir de 65 dB(A) quando o eixo hipotálamo-hipófise-adrenal é sensibilizado em adultos gerando a secreção de elevados níveis de adrenalina, noradrenalina e corticosteróides, tendo como consequência a elevação da pressão arterial, alterações do ritmo cardíaco e vasoconstrição periférica (Oliveira et al., 2013).

Distúrbios do ciclo sono/vigília são muito comuns em ambientes hospitalares, tanto em pacientes internados quanto em funcionários que realizam plantões. A interrupção de sono tem efeitos potencialmente prejudiciais à saúde, sendo que em pacientes internados pode contribuir

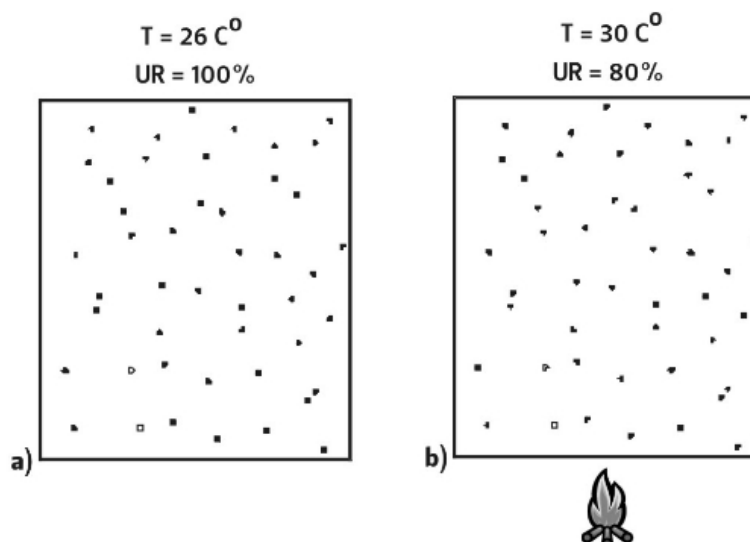


Figura 2.4: Ar sendo aquecido em cubo hermético. [Retirada de (Guths, 2012)]

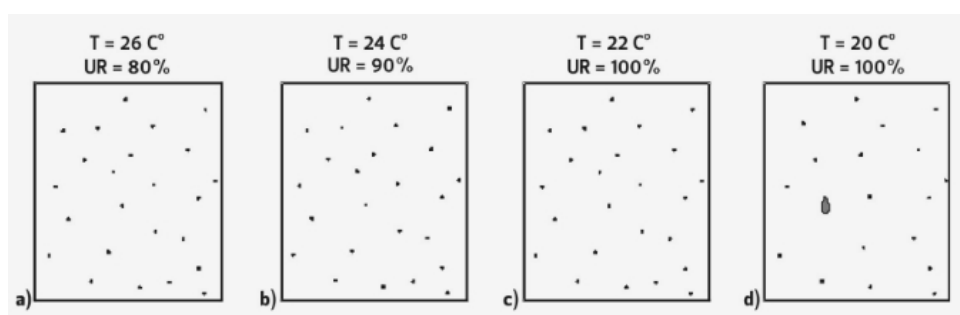


Figura 2.5: Processo de resfriamento de um ar enclausurado. [Retirada de (Guths, 2012)]

para aumento de tempo de internação. O ambiente hospitalar parece agir como um dificultador da indução e manutenção do ciclo sono/vigília (Bano et al., 2014).

Esse aspecto ambiente pode desequilibrar o comportamento humano, principalmente em recém-nascidos, nos quais qualquer alteração é capaz de acarretar déficit no desenvolvimento neuropsicomotor ao longo de suas vidas. Sendo assim, é necessário manter o ambiente da UTIN o mais acolhedor e confortável possível, mantendo níveis de ruído com o padrão de qualidade esperado, propiciando um tratamento seguro e eficaz.

2.5 Recém-nascido no ambiente UTI

Quando o RN (recém-nascido) é levado para a unidade neonatal, encontra um ambiente extremamente diferente do que experimentava no útero materno. Com frequência, o nível sonoro é alto e as luzes são fortes e contínuas nas unidades neonatais. A fala dos profissionais durante os procedimentos para solicitação de materiais, exames, orientações, comumente ultrapassa os limites sonoros ditos saudáveis, transformando-se em ruídos (da Saúde do Brasil, 2017).

Durante a gestação, segundo (Hopson, 2017), o feto com 32 semanas permanece 90% a 95%

do tempo em estados de sono (profundo, indeterminado ou leve) e, quando chega próximo ao termo, permanece 85% a 90% nesses estados (profundo e leve). Na unidade neonatal, o quadro, em geral, é completamente diferente:

- RNPT (Recém-Nascido Pré-Termo) mudam seu estado comportamental 6 vezes/hora, sendo 78% das vezes associado ao manejo da enfermagem ou dos ruídos ambientais;
- RNTPs são perturbados, em média mais de 130 vezes por dia (Bada et al., 1990), levando a uma duração média do sono (sem ser perturbado) de quatro a dez minutos (Weibley, 1989). Estes distúrbios do sono podem repercutir na vida adulta (Björkqvist J, 2014).

A maioria das unidades neonatais não foi construída para ser um ambiente tranquilo. As prioridades do design tradicional no aproveitamento do espaço e no controle de infecções, inadvertidamente, determinaram que as unidades fossem ruidosas pelo pouco espaço, atividade frenética e superfícies altamente reverberantes (da Saúde do Brasil, 2017).

O RNPT, durante a sua permanência na unidade neonatal, tem dificuldade em completar um ciclo de sono, pois adormece no sono leve e demora cerca de 30 minutos para atingir o sono profundo (que dura até 20 minutos), necessitando, assim, ficar de 60 a 70 minutos sem ser perturbado, a partir do momento em que adormeceu (da Saúde do Brasil, 2017).

Os valores preconizados pela (ABNT, 2003) são de 35-45 dB, podendo ir a 50 dB dependendo da situação. De acordo com a Tabela 2.1, é possível observar que apenas o item 1 estaria dentro dos padrões de ruído estabelecidos como adequados. Os demais ultrapassam, e muito, o que podemos considerar inadequado para o RN.

Temos de forma muito clara, o quanto este ambiente, se não for adequadamente cuidado, é desfavorável à fisiologia do RN e conseqüentemente ao seu desenvolvimento. Atividades comuns e rotineiras deste espaço facilmente invadem o conforto (aparelho auditivo) da criança.

Entre os efeitos fisiológicos dos ruídos em neonatos, temos: alteração na frequência cardíaca, aumento na pressão arterial, diminuição na saturação de oxigênio, apneia (mais frequentes nas menores idades gestacionais), aumento na pressão intracraniana e possíveis efeitos neuroendócrinos e na imunidade. Além disso, a deficiência auditiva é diagnosticada em torno de 2% a 10% dos RNPT contra o 0,1% da população pediátrica geral. Não se pode afastar os possíveis danos cocleares do ruído em sinergia com o uso de medicamentos ototóxicos (da Saúde do Brasil, 2017) (Wachman and Lahav, 2011).

Na unidade neonatal, os RNPT estão expostos a estímulos sensoriais imprevisíveis durante um período de rápido crescimento e diferenciação cerebral, que podem estar associados à dificuldade em atender ao estímulo auditivo durante e depois da internação. A Tabela 2.2 compara o ambiente acústico das unidades neonatais com o que seria a experiência do feto intra útero.

Para atingir os padrões da (ABNT, 2003), é necessário utilizar uma abordagem bastante abrangente. É uma mudança física e cultural que envolve alterações substanciais no design,

Tabela 2.1: Intensidade sonora de algumas atividades na UTI neonatal tradicional. [Retirada de (da Saúde do Brasil, 2017)]

Atividade	Intensidade (dB)
Conversa normal	45 - 50
Água correndo	54
Seringa vazia jogada em lata de lixo plástica	56
Toque de telefone	49 - 66
Rádio na UTI	60 - 62
Alarme de bomba de infusão	60 - 78
Cadeira arrastada no chão	62
Água borbulhando em dutos do respirador	62 - 87
Abertura de embalagem plástica	67 - 86
Alarme da incubadora	67 - 96
Fechar porta ou gaveta da incubadora	70 - 95
Deixar cair a bandeja da incubadora	88 - 117
Fechar da portinhola da incubadora	80 - 111
Colocar objeto sobre a incubadora	84 - 108
Cuidados com o RN	109 - 126
Esbarrão no corpo da incubadora	Até 140

revestimentos, equipamentos, mobiliário, rotinas e cuidados com o recém-nascido. Requer conhecimento, planejamento, trabalho em equipe, motivação, educação permanente e retroalimentação. Mudanças físicas na unidade após um cuidadoso planejamento pode ser um dos aspectos de mais fácil aplicação.

Vale ressaltar que apesar do reconhecimento do problema e todas as iniciativas para atenuá-lo, a dificuldade em monitorar a qualidade desses fatores ao longo do tempo para verificar a eficácia desses métodos e identificar os grandes atores da piora da qualidade sonora da unidade neonatal é ainda um grande obstáculo. Tais fatores levaram a que, neste trabalho, tal tema fosse abordado para gerar uma nova forma de acompanhar estes ambientes tão sensíveis.

2.6 Teoria da Informação

A entropia da série temporal é calculada utilizando o conceito da entropia clássica de Shannon para distribuições discretas. Dada uma função de probabilidade $P = \{p_k : k = 1, \dots, N\}$ sobre N valores, essa medida é dada por:

$$S(P) = - \sum_k^N p_k \log p_k \quad (2.5)$$

A entropia clássica de Shannon (Shannon, 1948) mede a desordem de um sistema, considerando a probabilidade desse sistema apresentar um estado k . Essa medida está relacionada com

Tabela 2.2: Meio ambiente acústico útero x UTIN. [Retirada de (Gray and m Kathleen Philbin, 2004)]

FETO	UTIN
Útero grávido (típico da espécie).	UTI neonatal tradicional (atípico).
Condução no meio líquido.	Condução aérea
Predominância de baixas frequências.	Todas as frequências (a incubadora diminui frequências da fala)
Quieto a moderadamente alto.	Alto a muito alto
Espectro estreito de sinais linguísticos salientes, com certo padrão.	
Contra um ruído de fundo moderadamente competidor	Ampla espectro de sinais não salientes, sem padrão algum,
no meio de um ruído de fundo altamente competidor	
Muitos padrões repetitivos.	Nenhum ou poucos padrões discerníveis
Sinais estão vinculados ao ritmo circadiano e	
experiências multimodais organizadas (sinestésico, vestibular e etc.)	Sem ritmos circadianos, relacionados a
experiências multimodais caóticas, de dia e de noite	

a informação associada ao processo físico descrito pela função de probabilidade P . Normalizando essa medida ($H_s \in [0, 1]$), temos

$$H_s[P] = S[P]/S_{max} \quad (2.6)$$

onde $S_{max} = S[P_e] = \ln N$ e $P_e = \{1/N, \dots, 1/N\}$ é a distribuição uniforme.

Lamberti et. al (Lamberti et al., 2004) desenvolveram uma medida eficaz de complexidade estatística C , que é capaz de: (i) Detectar detalhes essenciais da dinâmica e (ii) diferenciar entre o caos e periodicidade (em diferentes graus). Este medida de complexidade fornece algumas informações adicionais importantes à respeito da função de distribuição de probabilidade que não necessariamente são detectados pela entropia.

Então, seguindo a noção de complexidade apresentada em (Lopez-Ruiz et al., 1995), temos que a complexidade é dada pelo produto

$$C_{JS}[P] = Q_J[P, P_e] H_s[P] \quad (2.7)$$

sendo o desequilíbrio Q_J medido através do divergente de Jensen-Shannon, que quantifica a diferença entre duas (ou mais) distribuições de probabilidade, dado por

$$Q_J = Q_0 J[P, P_e] \quad (2.8)$$

com

$$J[P, P_e] = S[(P + P_e)/2] - S[P]/2 - S[P_e]/2 \quad (2.9)$$

onde Q_0 é uma constante de normalização ($0 \leq Q_{JS} \leq 1$) igual ao inverso do valor máximo possível de $J[P, P_e]$. Então, Q_0 é dado por:

$$Q_0 = -2 \cdot \left\{ \left(\frac{N+1}{N} \right) \cdot \log(N+1) - 2 \cdot \log(2N) + \log(N) \right\}^{-1} \quad (2.10)$$

A complexidade estatística de um sistema é nula em duas situações opostas: no conhecimento perfeito ou na aleatoriedade completa. Qualquer tipo de sistema se situará entre essas configurações extremas.

Nessa abordagem, dada uma série temporal $\mathbf{X}(t) = \{x_t : t = 1, \dots, N\}$, que representa o fenômeno avaliado, construímos a distribuição de probabilidade P correspondente a distribuição proposta por (Bandt and Pompe, 2002). Para essa distribuição, computamos padrões ordinais de ordem D , para $D > 1$, tal que

$$(s) \mapsto (x_{s-(D-1)}, x_{s-(D-2)}, \dots, x_{s-1}, x_s), \quad (2.11)$$

onde para cada instante de tempo, temos um vetor de dimensão D definido como (s) , constituindo uma janela deslizante com salto unitário, e gerando \mathcal{Y} resultados, tal que $\mathcal{Y} = N - D + 1$. Os padrões ordinais de cada vetor (s) correspondem a uma permutação $\pi = \{r_0, r_1, \dots, r_{D-1}\}$ de $\{0, 1, \dots, D-1\}$, tal que $x_{s-r_{D-1}} \leq x_{s-r_{D-2}} \leq \dots \leq x_{s-r_1} \leq x_{s-r_0}$. Dessa forma, nós convertemos o vetor (s) para um símbolo π . Para garantir um resultado único, $r_i < r_{i-1}$ se $x_{s-r_i} = x_{s-r_{i-1}}$. Assim, para todas as $D!$ permutações possíveis π de ordem D , a distribuição de probabilidade $P \equiv \{p(\pi)\}$, é definida por

$$p(\pi) = \frac{\#\{(s) \mid s \leq \mathcal{Y}; (s) \text{ tem tipo } \pi\}}{\mathcal{Y}}, \quad (2.12)$$

sendo $\#$ um operador de cardinalidade do conjunto. Em outras palavras, para qualquer série temporal, procuramos padrões ordinais de ordem D , que determina o número de estados acessíveis $D!$ e a partir da frequência de ocorrência do símbolo, encontramos a distribuição de probabilidade de permutação.

Com isso, (Rosso et al., 2007) definiu o plano de causalidade Complexidade-Entropia, utilizando a distribuição de probabilidade Bandt-Pompe com o objetivo de categorizar diferentes cenários de caos. Isso porque a complexidade é capaz de perceber detalhes da distribuição de probabilidade do sistema que não são discriminados por medidas de aleatoriedade, como a entropia (Feldman et al., 2008).

2.7 Trabalhos relacionados

Para desenvolver esse estudo, além dos trabalhos mencionados ao longo desse capítulo, analisamos alguns trabalhos que representam o estado da arte e que se propõem a resolver problemas similares ao nosso.

- (Hassanalieragh et al., 2015) destacam as oportunidades e desafios para a *Internet of Things (IoT)* na concretização dessa visão do futuro dos cuidados de saúde.
- (Coronato and Esposito, 2008) propõem uma implementação concreta de um Hospital Inteligente e discute como os serviços e aplicativos de e-Health podem ser aprimorados por informações de localização.
- (Ghosh et al., 2016) apresentaram um sistema de saúde para gerenciamento hospitalar, permitindo que os cuidadores, juntamente com os médicos, monitorem remotamente as condições de saúde dos pacientes via internet.
- (Kelly et al., 2013) implementaram um modelo eficaz para a IoT, usada para monitorar as condições regulatórias do ambiente, por meio do sistema onipresente de sensoriamento de baixo custo.
- (Noury et al., 2008) relatam um estudo sobre a atividade cotidiana de idosos em uma unidade hospitalar, com presença de sensores infravermelhos.
- (Mankena et al., 2021) realizaram um experimento dentro de uma UTI Cirúrgica, onde ele mede anormalidades do paciente e do ambiente e emite um alerta sonoro.
- (Lekić et al., 2019) implementaram uma aplicação IoT que realiza o monitoramento da pressão sonora.
- (Dan et al., 2015) criaram um sistema de monitorização e atuação do controle do ambiente em uma Estufa agrícola.
- (Cabra et al., 2017) apresenta, uma abordagem de Internet das Coisas (IoT) para monitoramento de temperatura e umidade relativa aplicada à manutenção de produtos em hospitais ou entidades farmacêuticas.

Desses trabalhos visitados, não identificamos trabalhos que se visam atender aos requisitos operacionais de uma UTI neonatal ou Adulta, portanto esse é o principal diferencial do estudo aqui apresentado.

Capítulo 3

Objetivos Geral e Específicos

O objetivo do trabalho é captar os dados de variáveis ambientais (ruído sonoro, luminosidade, umidade e temperatura) dentro de UTIs para e apresentar uma análise de dados baseado em técnicas de Teoria da Informação que seja complementar à análise baseada em estatística descritiva clássica.

Assim, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- i. *Captação de variáveis ambientais em UTI*: Para a análise do ambiente UTI como um todo, foi preciso desenvolver um sistema de captação em tempo real de ruído, luminosidade, temperatura e umidade. Além de instalá-los em UTIs por um período de tempo.
- ii. *Análise dos dados ambientais*: com os dados da ambiência em mãos foram feitas análises sobre seu comportamento e aberta discussões sobre possíveis causas.

Capítulo 4

Criação do dispositivo

A criação do dispositivo se divide na parte de hardware e na parte do firmware.

4.1 Projeto de Hardware

O dispositivo é formado pelo módulo ESP32 DevKit DoIt ([Espressif, 2022](#)), Sensor de Temperatura e Umidade BMP280 ([Bosch, 2022](#)), Sensor de luminosidade TSL2561 ([AMS, 2022](#)), Sensor Ruído SEN0232 ([DFRobot, 2022](#)) e dois LEDs (diodos emissores de luz). Todos os componentes foram soldados à mão numa placa fenolite perfurada e colocados em uma caixa de acrílico preta com aberturas na parte frontal para a passagem dos sensores. Ao todo foram criados três dispositivos idênticos para a captação em três pontos diferentes no ambiente hospitalar, cada dispositivo conta com uma tomada dedicada a ele com uma alimentação 5V e 1A de corrente.

O dispositivo criado, Figura 4.1, é capaz de captar a temperatura e umidade com alta precisão, precisão da temperatura por volta de ± 1.0 °C, medir a luminosidade (faixa de medição: 0,1-40.000 Lux) e captar a pressão sonora com um erro de 3 dB, o que é um ótimo sensor de ruído embarcado nele.

4.2 Projeto de Firmware

O firmware foi criado na linguagem Python utilizando a SDK da Zerynth para a programação, ele foi embarcado no módulo ESP32. O algoritmo conta principalmente com as bibliotecas da Espressif (fabricante do microcontrolador), BMP280 (Sensor de temperatura e umidade), TSL2561 (Sensor de luminosidade) e AWS (Serviço de nuvem usado para publicar os dados e realizar atualizações remotas).

- **AWS:** Uma biblioteca para simplificar a conexão ao tópico MQTT da AWS (Amazon Web Services) e realizar atualizações remotas.



Figura 4.1: Dispositivo Florence Environment

- **BMP280:** É uma biblioteca que abstrai o uso do sensor BMP280. Facilitando a inicialização do sensor e também as leituras de temperatura e umidade.
- **TSL2561:** Biblioteca para o uso do sensor TSL2561. Criando a interface necessária para a inicialização e leitura.
- **Espressif:** A biblioteca para facilitar o uso do microcontrolador ESP32 desenvolvida pela própria fabricante. Ela permite se conectar ao wifi com o kit rapidamente, apenas tendo o nome da rede e a chave de acesso. Além de, por exemplo, reiniciar o ESP32 quando necessário.

O funcionamento do firmware é bastante simples, o dispositivo envia esses dados para a nuvem a cada 30 segundos, nos dando uma amostragem confiável, principalmente do ruído, que por ser uma variável que muda bastante precisa de uma amostragem alta para mapear bem o ambiente. Para enviar ao pacote ele é mapeado em um arquivo JSON (Pezoa et al., 2016), como na Figura 4.2, onde os valores que tem ponto flutuante são interpretados como inteiros (Ex. 57,1 é enviado como 571) pois é bem mais barato enviar e salvar um inteiro do que um valor com ponto flutuante. Nós reconhecemos cada dispositivo por seu Endereço de MAC, que é exclusivo de cada placa de rede, assim sabemos que não se repetirá esse valor. Por fim, a versão nós serve na hora de atualizar o firmware remotamente.

O fluxo de execução do sistema de monitoramento pode ser visto na Figura 4.3. Inicialmente temos uma coleta de 30 segundos; em seguida o sistema verifica se possui acesso a Internet, se tiver ele envia o pacote, exemplo na Figura 4.2, senão o processo é reiniciado. Como podemos ver é um fluxo bastante simples que é dependente da internet e não faz salvamento local, pois não temos interesse no momento de incluir essa complexidade.

```
{  
  "sound_level": 491,  
  "temperature": 278,  
  "humidity": 472,  
  "lux": 3,  
  "mac_id": "2462ABFE83F5",  
  "version": "2.0.0"  
}
```

Figura 4.2: Formato do pacote enviado

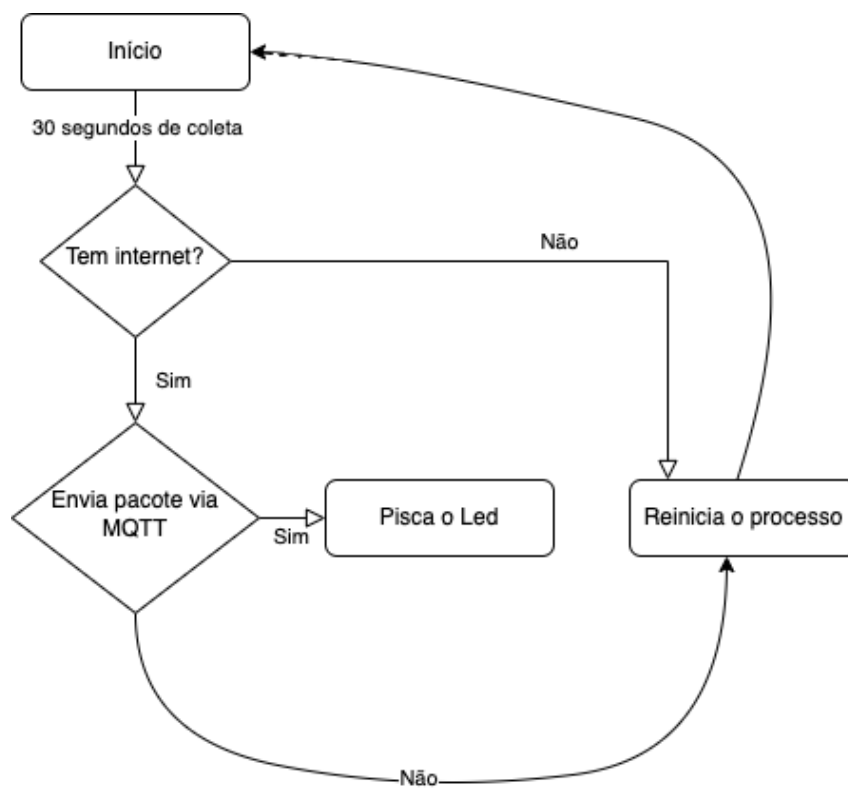


Figura 4.3: Fluxo do monitoramento

Capítulo 5

Monitoramento de UTI

Nesta seção apresentaremos o sistema Florence Environment e as UTIs monitoradas.

Para a coleta nas UTIs, foi preciso desenvolver um sistema de captação de variáveis ambientais chamado Florence Environment. O sistema consiste em dispositivos que se comunicam via Protocolo MQTT (Hunkeler et al., 2008), detalhados na seção anterior, com um microsserviço (Thönes, 2015) onde os dados são salvos em um Banco de Dados Relacional (Codd, 1990), como podemos ver na Figura 5.1.

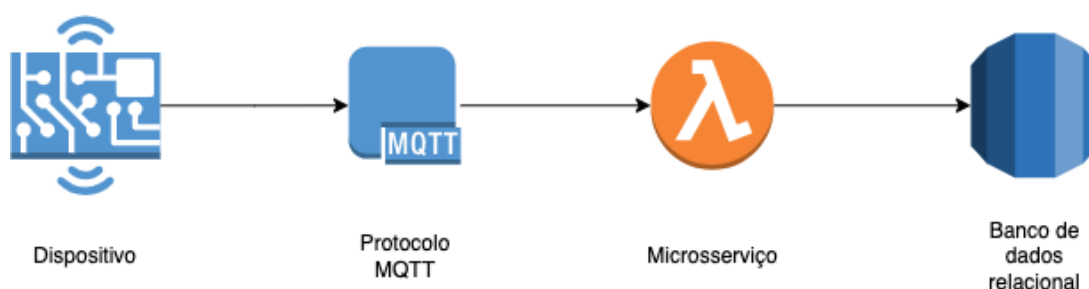


Figura 5.1: Sistema de monitoramento

Realizamos o monitoramento e coleta de duas UTIs, uma adulta e outra neonatal. A UTI adulta, que não está mais em funcionamento, ficava dentro do Hospital Veredas em Maceió. Já a UTI neonatal é a Maternidade Escola Santa Mônica (MESM), também localizada em Maceió.

Na UTI adulta, monitoramos do dia 03 até 27 de agosto de 2020. Utilizamos 3 dispositivos dispostos como na figura 5.2, a UTI monitorada é dividida em leitos, corredor e posto central. Colocamos um dispositivo em cada tipo de ambiente para detectarmos o comportamento e a diferença entre eles.

Em todos os pontos de coleta, os requisitos vitais eram do dispositivo ficar na perpendicular com o solo e numa altura de 1.5m do chão, isso para seguir os padrões normativos de coleta de ruído.

O dispositivo 3 foi colocado no final corredor, pelo motivo de ser um ambiente aberto próximo aos leitos mas não tão próximo do posto central.

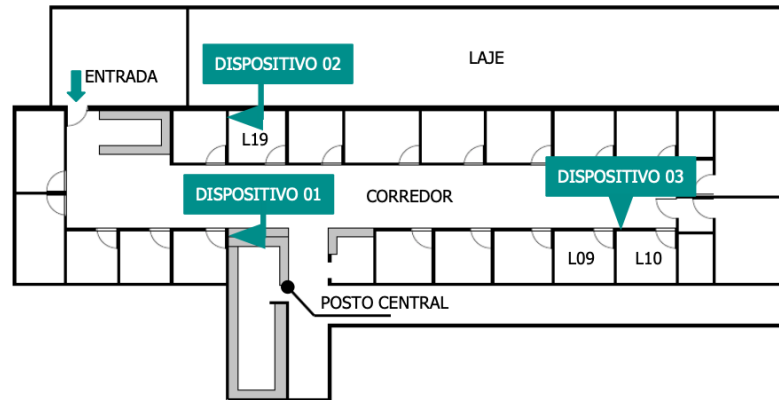


Figura 5.2: Disposição dos dispositivos pela UTI

O segundo dispositivo, ficou no dentro do leito L19 da UTI, um dos motivos foi que os pacientes e profissionais reclamavam bastante do calor durante a tarde e também pelo fato de que nos queríamos monitorar um leito. Como é o local onde ficam os pacientes, é um canto indispensável de se monitorar. O dispositivo não ficou virado pra janela, como a Figura 5.2 mostra e sim atrás da cama do paciente, para captarmos o mesmo nível de ruído que ele sentia.

O terceiro dispositivo, ficou no posto central. Esse ponto foi escolhido pois é lá onde os profissionais costumam ficar quando não estão atendendo. Lá eles trocam informações, passam o plantão e também usam os computadores e mesas para documentar suas rotinas.

O segundo local que realizamos o monitoramento foi numa UTIN e a monitorização foi feita do dia 1 até o dia 31 de dezembro de 2021. Foram colocados 3 dispositivos pela UTIN. Como vemos na figura 5.3, temos uma representação do Box 1 monitorado na UTIN. O dispositivo 1 ficou próximo ao pia, onde os profissionais costumam lavar as mãos para os procedimentos, e também a alguns armários para guardar medicamentos. O dispositivo 2, ficou em uma região bastante próxima a incubadoras, uma região onde a iluminação natural é bastante coberta pelas prateleira, porém fica bem centralizado no box da UTIN. Por fim, o dispositivo 3, ficou próximo da saída do box.

Na análise dos dados obtidos o dia foi dividido em quatro turnos: madrugada, manhã, tarde e noite, como mostra a Tabela 5.1. Foi dividido assim pois as UTIs normalmente trabalham em turnos e na troca um para o outro é quando normalmente os profissionais são substituídos.

Tabela 5.1: Turnos adotados na análise dos resultados.

Turno	Período
Madrugada	[1h – 7h)
Manhã	[7h – 13h)
Tarde	[13h – 19h)
Noite	[19h – 01h)

Os limites normativos adotados neste trabalho têm como base os seguintes códigos: NBR

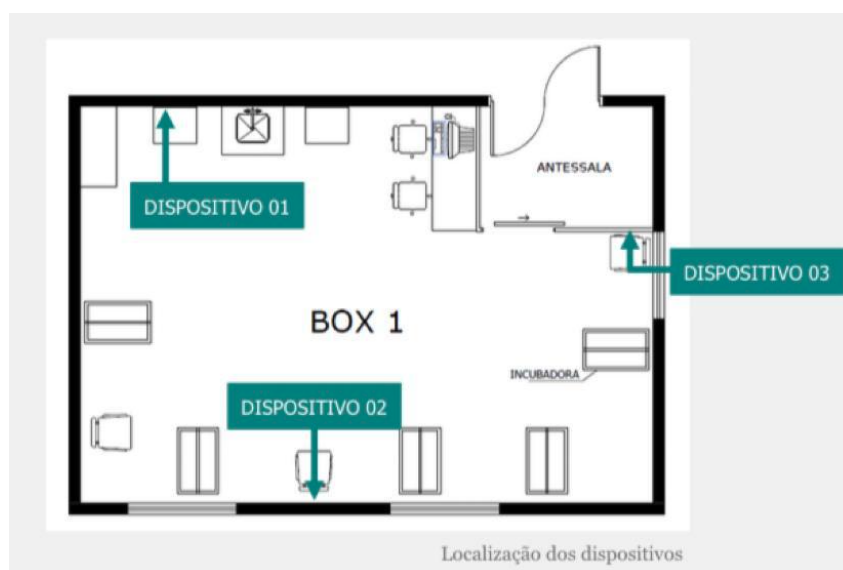


Figura 5.3: Disposição dos dispositivos pela UTIN

ISO/CIE 8995-1 (2013) – Iluminação de ambiente de trabalho. Parte 1: Interior; NBR 10152 (2017) – Acústica: Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações; NBR 7256 (2005) – Tratamento de ar em estabelecimentos assistenciais de saúde (EAS). Requisitos para projeto e execução das instalações. Na Tabela 5.2, são apresentados os limites normativos de acordo o tipo de microambiente circulação e exclusivo para tratamento.

Tabela 5.2: Limites normativos adotados.

Variável ambiental		Circulação	Exclusivo para tratamento
Iluminância	(Dia)	100 lux	100 lux
	(Noite)	50 lux	20 lux
Ruído		50 dB	45 dB
Temperatura		21°C - 24°C	21°C - 24°C
Umidade		40% - 60%	40% - 60%

Quanto à iluminância, é importante salientar que os limites normativos durante o dia foram adotados de acordo com o recomendado para iluminação em geral em UTIs e enfermarias. Porém, o código em questão também sugere o limite de 300 lux para a execução de atividades como leitura e realização de exames simples, por exemplo. É importante levar essas informações em consideração durante a análise dos dados coletados.

Capítulo 6

Análise dos dados da UTI adulta

Neste capítulo mostraremos os resultados da análise da UTI adulta.

A UTI foi dividida em dois microambientes, definidos de acordo com o tipo de uso, são eles: ambiente de circulação de profissionais e pacientes (Posto central e Corredor) e ambiente exclusivo para tratamento de pacientes (Leito 19). Salienta-se que o dispositivo 03, no Corredor, foi instalado em uma parede em frente às janelas dos leitos 13 e 14, de modo que ocorria incidência de luz natural diretamente no sensor, o que não ocorreu nos dispositivos 01 e 02, localizados no Posto central e no Leito 19, respectivamente. É importante levar essas informações em consideração durante a análise dos dados coletados.

6.1 Ambientes de circulação

Os ambientes de circulação monitorados foram o Posto Central e o Corredor. No Posto central, a iluminância apresentou 29,55% dos dados coletados dentro dos limites normativos durante o dia e 11,49%, durante a noite. O ruído esteve dentro do nível recomendado 5,64% do tempo. A temperatura esteve 48,42% do tempo abaixo dos 24°C recomendados como limite superior e nunca abaixo do limite inferior, 21°C. Já a umidade relativa do ar apresentou 18,08% dos dados observados abaixo dos 60% recomendados como limite superior e nunca esteve abaixo dos 40% recomendados com limite inferior. Na Figura 6.1 são apresentadas as porcentagens dos dados que ficaram dentro dos padrões normatizados de acordo com o turno no Posto central.

No Corredor, a iluminância teve 20,89% dos dados dentro dos limites normativos durante o dia e 23,71%, durante a noite. O ruído esteve dentro do nível recomendado 78,15% do tempo. A temperatura esteve 96,05% do tempo abaixo dos 24°C recomendados como limite superior e nunca abaixo do limite inferior, 21°C. Já a umidade relativa do ar apresentou 93,64% dos dados observados abaixo dos 60% recomendados como limite superior e nunca esteve abaixo dos 40% recomendados com limite inferior.

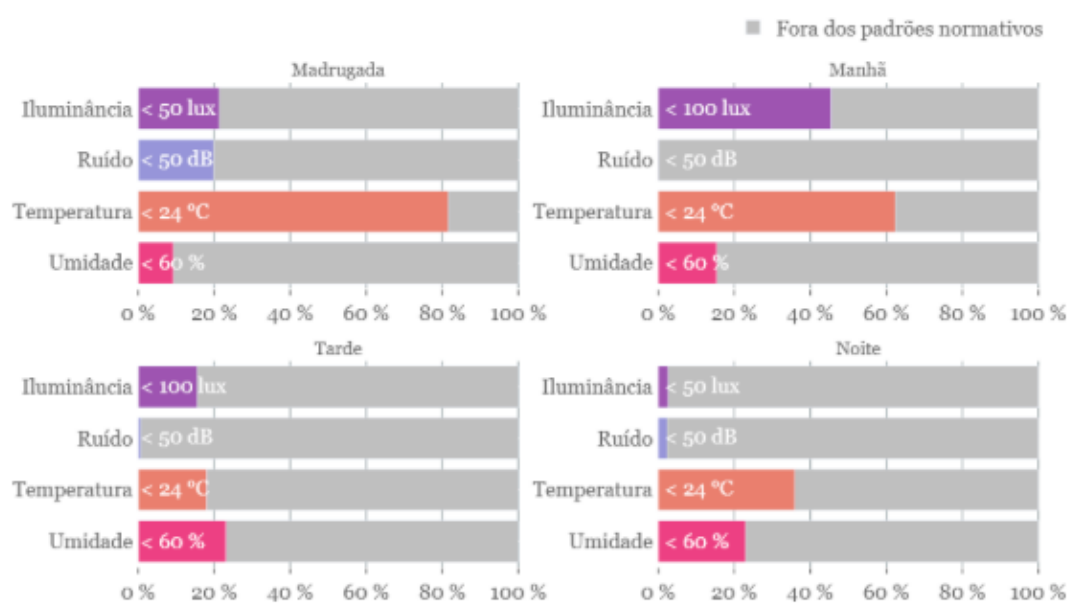


Figura 6.1: Porcentagem dos dados dentro dos padrões normatizados x Variáveis no Posto central.

Na Figura 6.2 são expostas as porcentagens dos dados que ficaram dentro dos padrões normatizados de acordo com o turno no Corredor.

Os gráficos apresentados nas Figuras 6.3 – 6.6 mostram a média e desvio padrão das variáveis ambientais analisadas neste diagnóstico ao longo do dia no período de 03 a 27 de agosto de 2020.

A Figura 6.3 mostra o comportamento médio da luminosidade durante o dia na UTI tanto no corredor quanto no posto central. Como podemos ver na figura, os valores normatizados estão pintados em forma de retângulos e quase nunca as linhas estão dentro deles. Isso reflete a um mal comportamento luminoso do ambiente, tendo uma iluminação muito alta durante todo o dia, que mesmo não sendo dentro do leito, também precisa ser respeitada.

O gráfico 6.4 mostra o comportamento médio do ruído durante o dia na UTI tanto no corredor quanto no posto central. O espaço pintado representa os valores normatizados. Podemos perceber que o dispositivo localizado no corredor teve um desempenho maravilhoso, pois em média sempre esteve dentro da norma durante o dia. Já o do posto central sempre esteve fora da norma em média. Um argumento que pode ser usado é por lá ser um ambiente de muita circulação de profissionais além da troca de informação sobre os pacientes e conversas serem normalmente lá, segundo alguns profissionais.

Na Figura 6.5 é mostrado o comportamento médio durante o dia na UTI da temperatura no corredor e posto central. O espaço pintado representa os valores normatizados. É notado que durante o final da manhã e toda a tarde no posto central em média os valores ficaram acima do preconizado pelas normas de climatização, porém esse valor ficou menos de 1 grau acima, o que ainda é um resultado regular, tendo em vista que o ambiente é perto da entrada e tem muita circulação de pessoas. Já o corredor sempre esteve dentro da norma de forma fantástica.

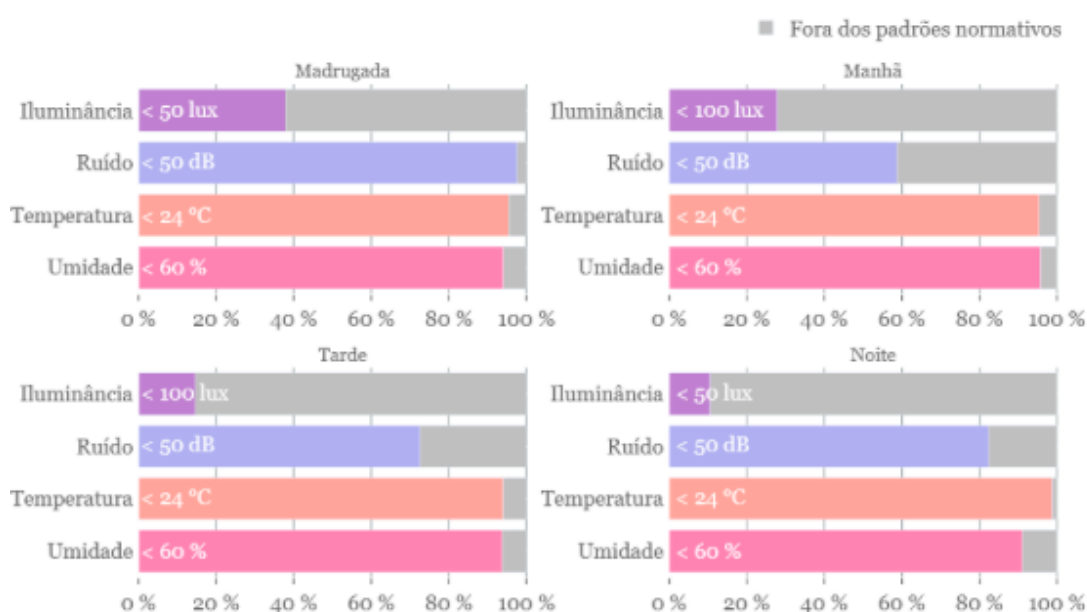


Figura 6.2: Porcentagem dos dados dentro dos padrões normatizados x Variáveis no Corredor.

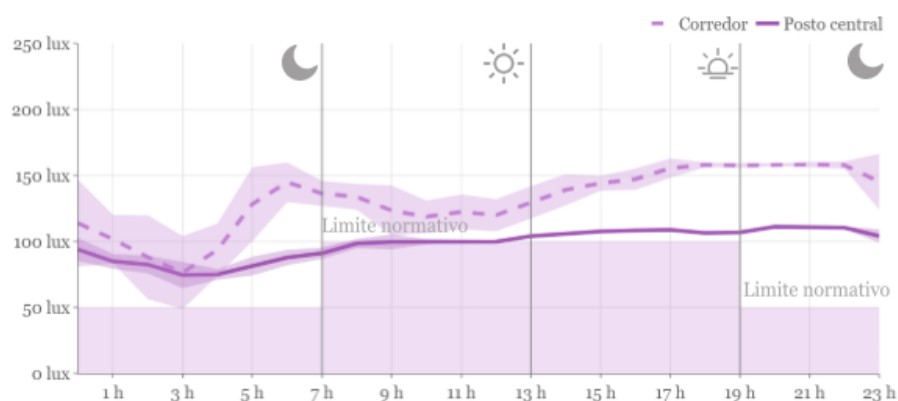


Figura 6.3: Iluminância média no período de monitorização no Posto central e no Corredor.

A Figura 6.6 mostra o comportamento médio durante o dia na UTI da umidade relativa do ar no corredor e posto central. O espaço pintado representa os valores normatizados. Vimos que a umidade no Posto Central sempre esteve acima dos valores preconizados. Como em ambientes climatizados artificialmente quanto mais frio, menos umidade existe dentro daquele lugar, isso tem relação também a figura 6.5, onde a temperatura também esteve um pouco acima do ideal. O problema é que, quanto mais úmido o ambiente, mais água existe ali, assim uma propensão maior de aglomerações bacterianas. O que tem a probabilidade menor de acontecer no Corredor, pois a umidade lá sempre estava muito boa, que também está relacionado a temperatura naquele setor, figura 6.5.

A seguir, nas Tabelas 6.1 e 6.2, são apresentadas as principais medidas estatísticas das variáveis ambientais analisadas: média, desvio padrão, valor mínimo observado, primeiro, segundo e terceiro quartis, e valor máximo observado. O primeiro quartil é definido pelo valor do conjunto

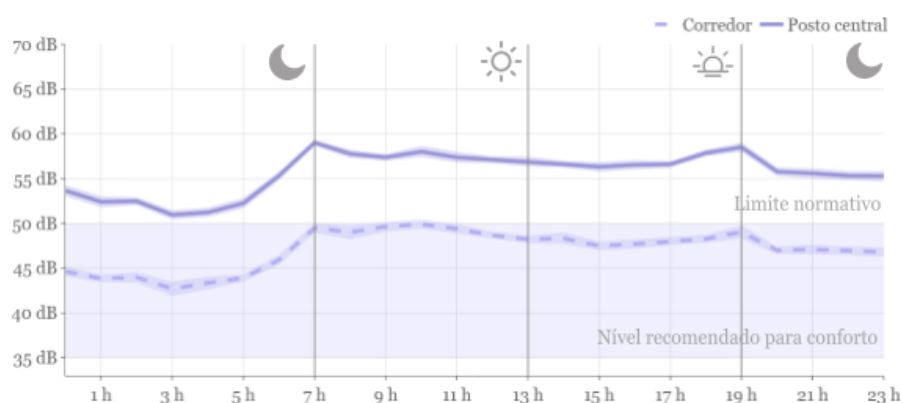


Figura 6.4: Ruído médio no período de monitorização no Posto central e no Corredor.

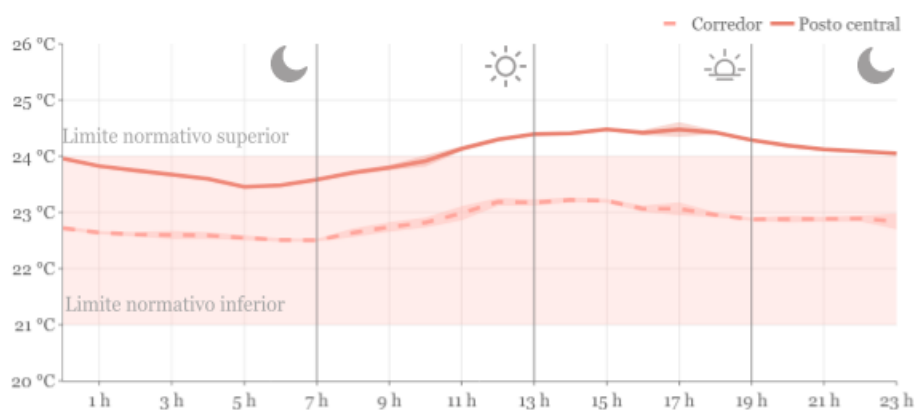


Figura 6.5: Temperatura média no período de monitorização no Posto central e no Corredor.

que delimita os 25% menores valores, o segundo quartil corresponde à mediana – que separa os 50% menores dos 50% maiores valores – e o terceiro quartil é o valor que delimita os 75% menores valores observados.

6.2 Ambientes para tratamento dos pacientes

O único ambiente exclusivo para tratamento dos pacientes monitorado foi o Leito 19. Neste local, a iluminância apresentou 84,75% dos dados dentro dos limites normativos durante o dia e 84,84% durante a noite. O ruído nunca esteve dentro do nível recomendado. A temperatura esteve 37,05% do tempo abaixo dos 24°C recomendados como limite superior e nunca abaixo do limite inferior, 21°C. Já a umidade relativa do ar apresentou 22,33% dos dados observados abaixo dos 60% recomendados como limite superior e nunca esteve abaixo dos 40% recomendados com limite inferior. A Figura 6.7 mostra o quanto cada variável ficou dentro da norma de acordo com o turno do dia.

Os gráficos nas Figuras 6.8 – 6.11 apresentam a média e desvio padrão das variáveis ambientais monitoradas ao longo de 24h no período de monitorização – 03 a 27 de agosto de 2020.

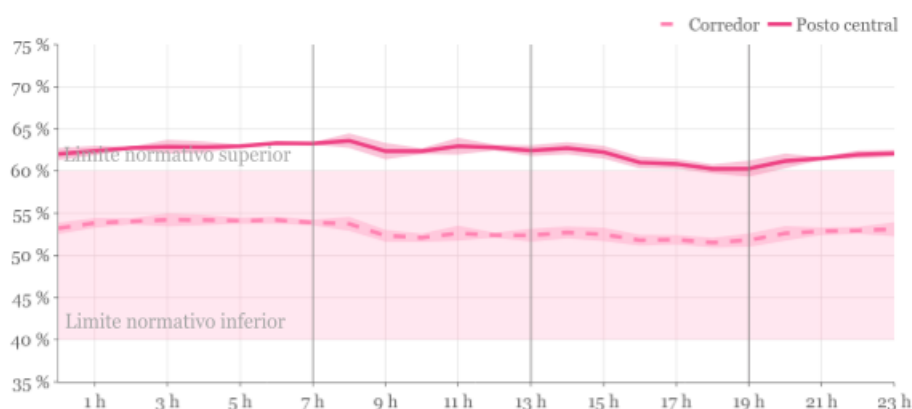


Figura 6.6: Umidade média no período de monitorização no Posto central e no Corredor.

Tabela 6.1: Medidas estatísticas que descrevem as variáveis ambientais no Posto central

Posto central				
Medida	Variável ambiental			
	Iluminância(lux)	Ruído(dB)	Temperatura(°C)	Umidade(%)
Média	98,47	55,69	24,03	62,16
Desvio Padrão	23,13	3,76	0,64	4,28
Mínimo	4,00	46,98	22,42	48,67
25%	90,00	52,87	23,57	60,68
50%	108,00	55,52	24,02	62,55
75%	113,00	58,21	24,44	63,67
Máximo	126,00	75,75	27,10	80,46

A Figura 6.8 mostra o comportamento médio da luminosidade durante o dia na UTI no leito. Como podemos ver na figura, os valores normalizados estão pintados em forma de retângulos e quase sempre as linhas estão dentro deles. Isso reflete a um bom comportamento luminoso do ambiente, excerto durante a noite que em média sempre esteve acima do valor preconizado, o que é um indicador muito importante, já que é o momento do dia que o paciente precisa dormir e ter a noção da noite.

O gráfico 6.9 mostra o comportamento médio do ruído durante o dia na UTI no leito. O espaço pintado representa os valores normalizados. Podemos perceber que o dispositivo teve um desempenho muito ruim, tendo ficado sempre fora do valor normalizado e por muito. Esse indicador negativo mostra que é preciso muito ainda para ter um ambiente silencioso dentro do leito, já que em média nunca esteve nem em 50 dB, que são 5 db a mais do que o valor mínimo aceito. Esse é um comportamento que pode ajudar o paciente a sofrer o delirium, ou seja, gravíssimo.

Na Figura 6.10 é mostrado o comportamento médio durante o dia na UTI da temperatura no leito. O espaço pintado representa os valores normalizados. É notado que apenas na madrugada e final da noite a temperatura esteve dentro do valor normalizado. Fazendo o leito ter um comportamento similar ao do ambiente externo, ou seja, um indicador negativo na climatização

Tabela 6.2: Medidas estatísticas que descrevem as variáveis ambientais no Corredor

Medida	Variável			
	Iluminância(lux)	Ruído(dB)	Temperatura(°C)	Umidade(%)
Média	132,03	47,04	22,85	52,93
Desvio Padrão	60,77	3,73	0,63	4,52
Mínimo	0,00	38,36	21,49	41,01
25%	97,00	44,21	22,45	51,04
50%	164,00	46,94	22,74	52,66
75%	177,00	49,61	23,23	53,79
Máximo	201,00	67,73	25,63	69,01

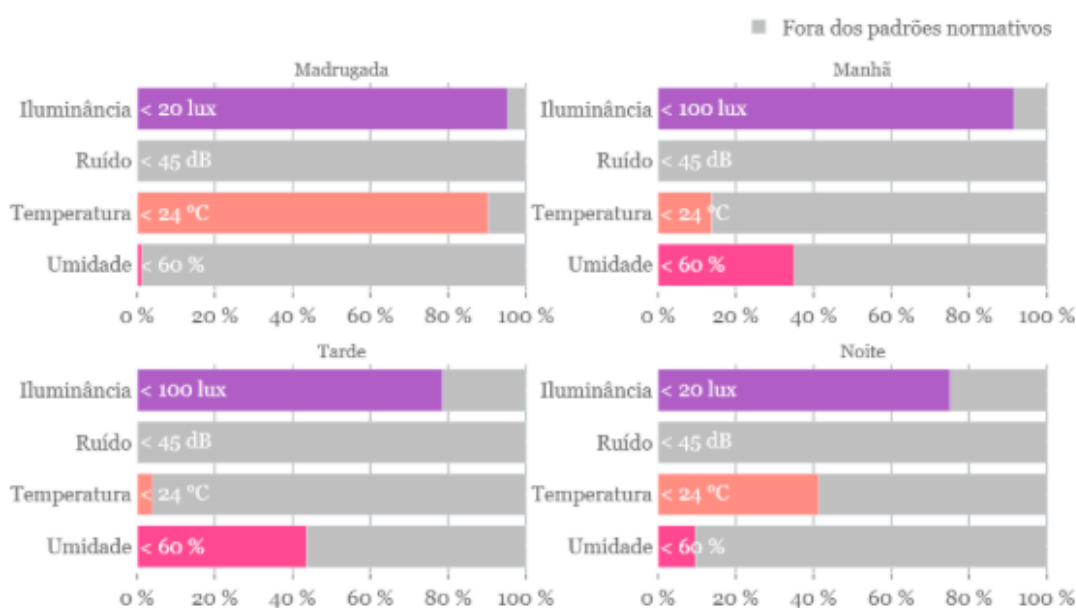


Figura 6.7: Porcentagem dos dados dentro dos padrões normatizados no Leito 19.

do leito, onde ele deveria ter um comportamento mais linear.

A Figura 6.11 mostra o comportamento médio durante o dia na UTI da umidade relativa do ar no leito. O espaço pintado representa os valores normatizados. Vimos que a umidade esteve quase sempre fora da norma, porém fica difícil analisar por ele não ter um comportamento similar ao da temperatura, figura 6.10. Não sendo possível encontrar uma relação apenas com os dados colhidos.

A seguir, na Tabela 6.3, são apresentadas as principais medidas estatísticas das variáveis estudadas: média, desvio padrão, valor mínimo observado, primeiro, segundo e terceiro quartis, e valor máximo observado. O primeiro quartil é definido pelo valor do conjunto que delimita os 25% menores valores, o segundo quartil corresponde à mediana – que separa os 50% menores dos 50% maiores valores – e o terceiro quartil é o valor que delimita os 75% menores valores.

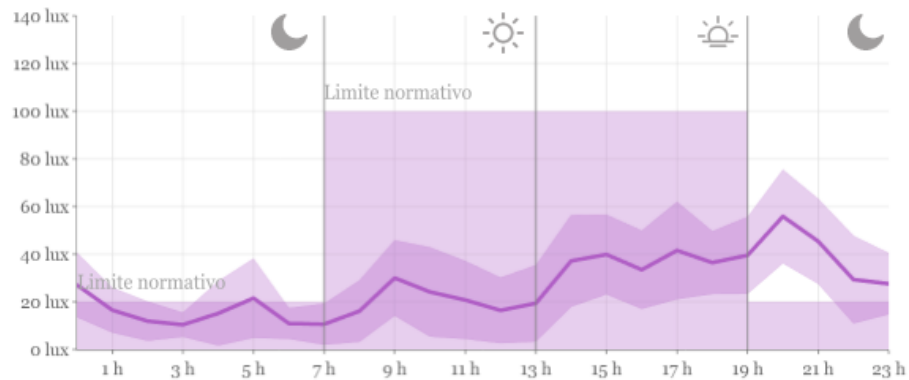


Figura 6.8: Iluminância média no período de monitorização no leito.

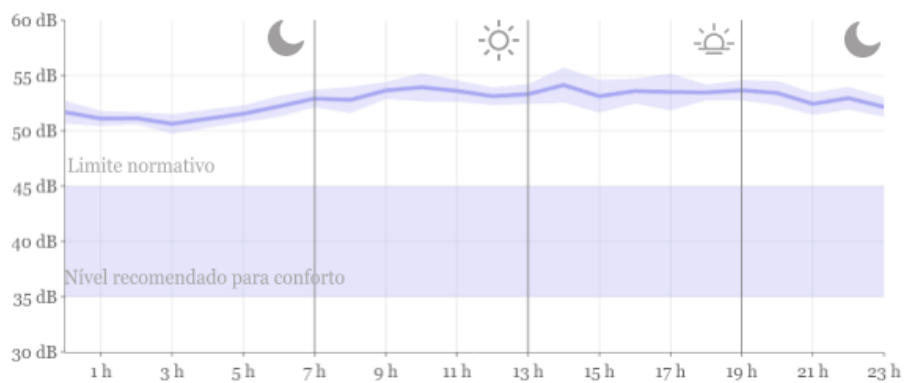


Figura 6.9: Ruído médio no período de monitorização no leito.

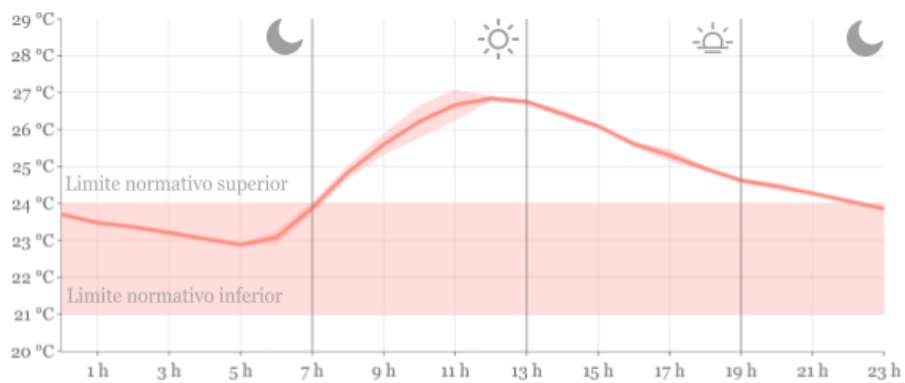


Figura 6.10: Temperatura média no período de monitorização no leito.

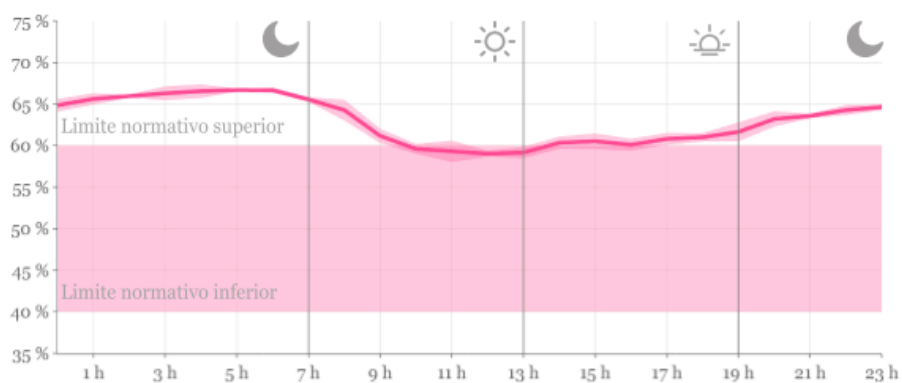


Figura 6.11: Umidade média no período de monitorização no leito.

Tabela 6.3: Medidas estatísticas que descrevem as variáveis ambientais no leito

Leito 19				
Medida	Variável			
	Iluminância(lux)	Ruído(dB)	Temperatura(°C)	Umidade(%)
Média	26,82	52,76	24,71	62,94
Desvio Padrão	38,71	3,68	1,55	5,25
Mínimo	0,00	45,87	21,33	48,73
25%	4,00	50,03	23,49	60,40
50%	12,00	51,87	24,58	63,37
75%	18,00	54,99	25,88	65,31
Máximo	158,00	74,62	28,80	85,27

Capítulo 7

Análise dos dados da UTI neonatal

Neste capítulo mostraremos os resultados da análise da UTI neonatal.

A UTIN monitorada é dividida em boxes, o monitoramento ocorreu no Box 01 que possui área útil 40 m² (8x5m). Esse box dispõe de espaço físico e equipamentos para atender 5 RNs, podendo ser expandido para 6 em caso de necessidade.

Os três dispositivos foram distribuídos no box, cada um ficou a um metro do chão e em cada extremidade da sala. Vale salientar que o dispositivo X, próximo a pia, ficou em uma parada que tente a captar mais a luz externas das janelas. Já o dispositivo X ficou próximo a uma janela que mostra o resto da UTIN, como a parede na verdade é uma divisória de madeira o ruído externo chegava até ele com mais facilidade.

No dispositivo 1, como podemos ver na Tabela 7.1, teve resultados muito ruins em comparado com os limite normativos. Seu ruído médio ficou em 55,61 dB, ou seja, mais de 10 dB do que o máximo preconizado. A temperatura também teve um resultado muito mais alto do que é recomendável, sua mínima foi 24,1 graus Celsius, quando o preconizado é justamente 24 graus. A umidade também ficou bem acima do permitido pelas normas. Por fim, a iluminância foi a que teve o melhor resultado, tendo seu máximo em apenas 96,90 lux, o que é um bom resultado.

Tabela 7.1: Medidas estatísticas que descrevem as variáveis ambientais no dispositivo 1

Dispositivo 1				
Medida	Variável ambiental			
	Iluminância(lux)	Ruído(dB)	Temperatura(°C)	Umidade(%)
Média	8,08	55,61	27,2	70,92
Desvio Padrão	10,65	4,06	1	14,76
Mínimo	0,00	45,20	24,1	0
25%	2,10	52,50	26,6	59,70
50%	4,00	55,20	27,3	65,30
75%	9,30	58	27,9	78,10
Máximo	96,90	81,70	30,10	100

Olhando para os turnos, Figura 7.1, temos uma visão macro do comportamento do dispositivo ao longo do dia. Como por exemplo a luminosidade, que inicia baixa e tem seu pico pela

manhã e depois volta a abaixar. Um fato alarmante é que os valores médios do ruído são muito parecido em todos os turnos.

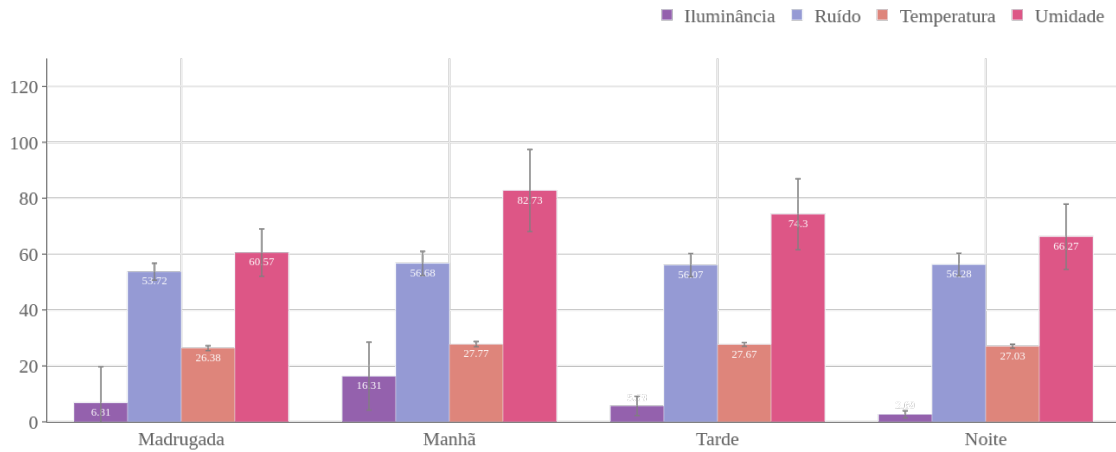


Figura 7.1: Valores médio do dispositivo 1 durante os turnos.

Já como comentado acima, podemos notar olhando para a Figura 7.2, que apenas a iluminação teve um comportamento bom durante todos os turnos, enquanto outras variáveis como o ruído sempre estiveram fora do valor normativo, um cenário péssimo para o ambiente.

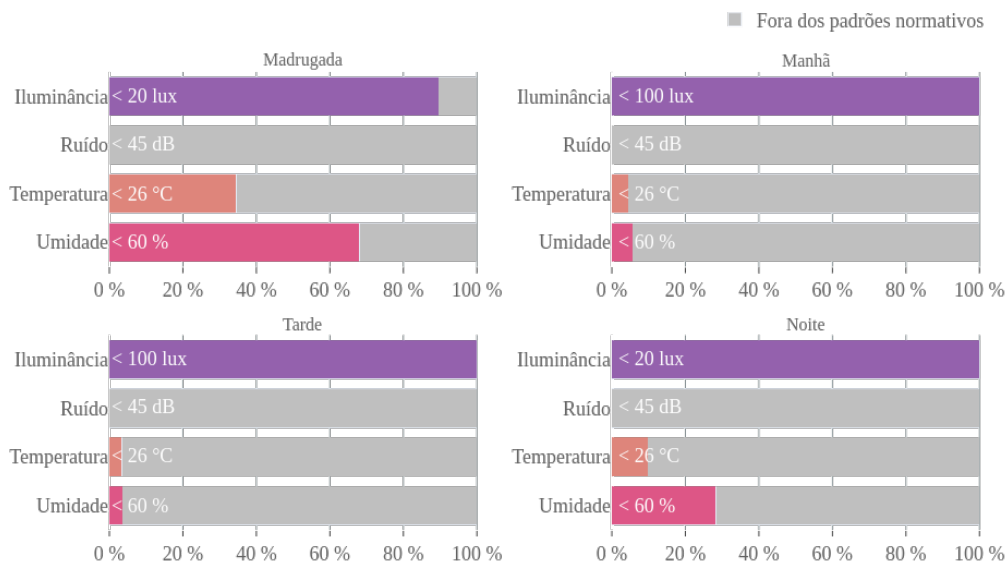


Figura 7.2: Valores dentro da norma do dispositivo 1 em colorido.

No dispositivo 2, como podemos ver na Tabela 7.2, tivemos resultados melhores que o 1 em relação a todas as variáveis. Isso é importante pois esse dispositivo foi o que ficou mais próximo das incubadoras. Mas fica de alerta as altas temperaturas se mantiveram em comparação com o dispositivo 1, e isso era de se esperar, por ser um ambiente relativamente pequeno o Box 1.

Tabela 7.2: Medidas estatísticas que descrevem as variáveis ambientais no dispositivo 2

Dispositivo 2				
Medida	Variável ambiental			
	Iluminância(lux)	Ruído(dB)	Temperatura(°C)	Umidade(%)
Média	9,38	51,16	28,1	47,48
Desvio Padrão	11,61	3,91	1,6	2,67
Mínimo	0	40,00	24,4	43
25%	2,30	48,30	26,8	45,9
50%	6,20	50,70	28	46,70
75%	10	53,70	29,1	48,10
Máximo	80	74,20	32,8	60

Checando os turnos, Figura 7.3, notamos o mesmo padrão, mesmo sendo em menor intensidade, de comportamento das variáveis que o dispositivo 1. Isso já nos começa a dar um entendimento melhor daquele micro ambiente como um todo, já que independente da posição do sensor, as variáveis em média variam ao longo dos turnos de forma semelhantes.

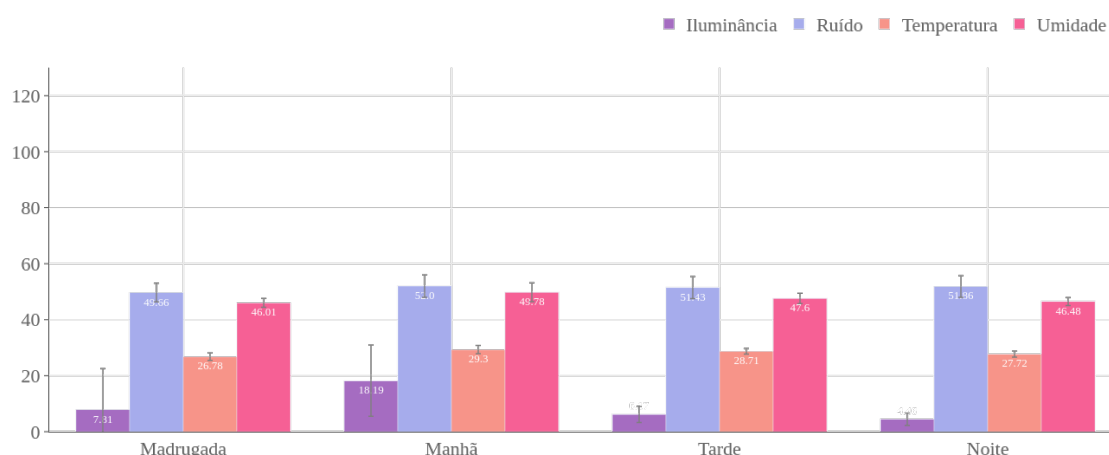


Figura 7.3: Valores médio do dispositivo 2 durante os turnos.

Na Figura 7.4, o melhor desempenho do dispositivo 2 se confirma em relação ao dispositivo 1. Tendo até tudo momentos pale madrugada, manhã e noite onde o ruído ficou no intervalo aceitável.

No dispositivo 3, como podemos ver na Tabela 7.3, o desempenho em relação a ruído e temperatura foram alarmantes. Vale ressaltar que esse dispositivo ficou na entrada da UTIN, assim recebendo muito barulho externo.

Averiguando os turnos, Figura 7.5, vimos um comportamento similar aos outros dispositivos em média, mudando apenas a intensidade das grandezas, confirmando que independente dos pontos, é um comportamento padrão ao longo dos dias da UTIN.

Na Figura 7.6, notamos um comportamento semelhante ao do dispositivo 1. Um ponto quem

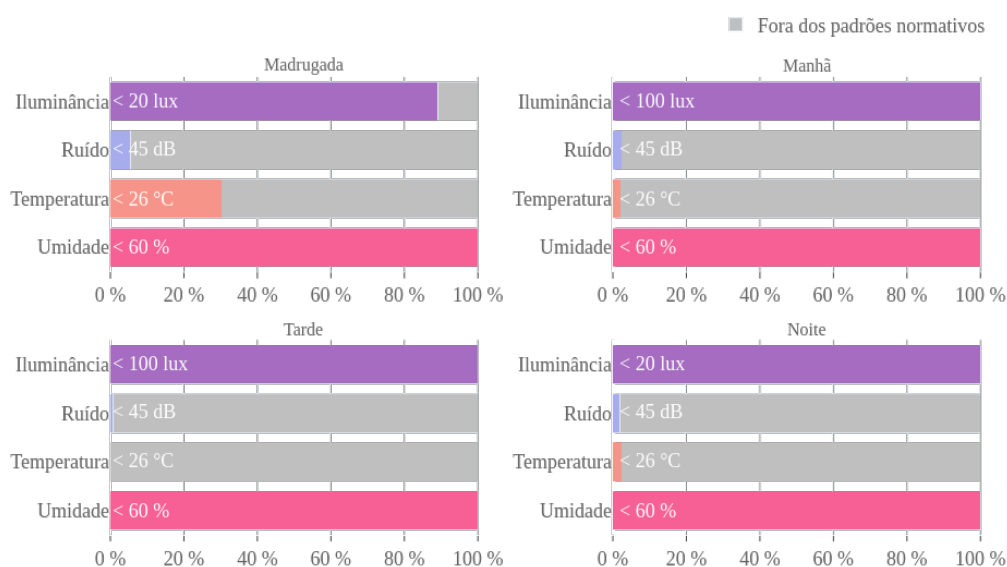


Figura 7.4: Valores dentro da norma do dispositivo 2 em colorido.

Tabela 7.3: Medidas estatísticas que descrevem as variáveis ambientais no dispositivo 3

Dispositivo 3				
Medida	Variável ambiental			
	Iluminância(lux)	Ruído(dB)	Temperatura(°C)	Umidade(%)
Média	3,63	54,66	29,33	35,11
Desvio Padrão	4,28	4,75	1,44	3,20
Mínimo	0	43,40	25,6	26,90
25%	1,50	50,70	28,2	33,3
50%	2,30	53,80	29,40	33,90
75%	4,10	58,70	30,5	35,60
Máximo	35,90	78,70	33,3	52,30

mais quente e ruidoso da maternidade.

A Figura 7.7 mostra o comportamento médio durante o dia na UTIN da luminosidade. O espaço pintado representa os valores normatizados. Vimos que a luminosidade esteve quase sempre dentro da norma, sendo o dispositivo 3 o que menor teve a incidência da luminosidade por conta de sua posição no box.

A Figura 7.8 mostra o comportamento médio durante o dia na UTIN do ruído. O espaço pintado representa os valores normatizados. Vimos que todos os dispositivos estiveram bem acima do limite superior normatizado, o que mostra um ambiente muito ruidoso. Principalmente num ambiente neonatal isso se agrava ainda mais, pois mesmo os RNs estando dentro das incubadoras, esses barulhos vão atrapalhar no sono dos RNs e podem acabar gerando lesões auditivas para toda a vida.

A Figura 7.9 mostra o comportamento médio durante o dia na UTIN da temperatura. O

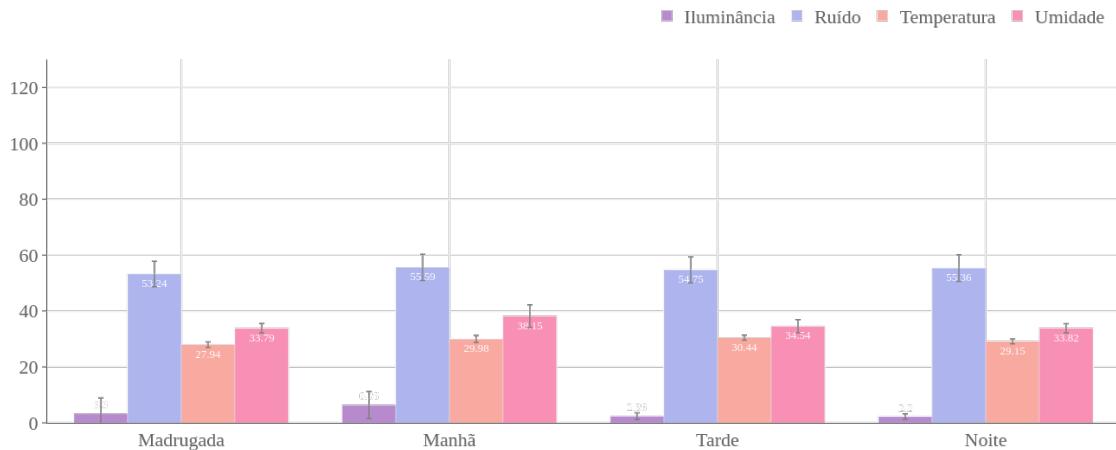


Figura 7.5: Valores médio do dispositivo 3 durante os turnos.

espaço pintado representa os valores normatizados. Percebemos em todos os dispositivos um comportamento similar ao da temperatura fora do prédio, o que é um péssimo indicador. Além de termos uma média altíssima em alguns horários do dia, que também indica como esse ambiente tem grandes problemas com climatização e precisa ser revisto urgentemente.

A Figura 7.10 mostra o comportamento médio durante o dia na UTIN da umidade relativa do ar. O espaço pintado representa os valores normatizados. O dispositivo 2 teve um comportamento ótimo, sempre dentro dos limites. O dispositivo 1 foi que captou as maiores umidade, em alguns momentos chegando a quase 100%, esse comportamento pode ser explicado pois ele estava perto de uma pia. Já o dispositivo 3 demonstrou taxa de umidade muito baixas, sendo um lugar muito seco da UTIN, que talvez precise de um umidificador naquele local, ou não alocar incubadoras naquele setor, assim evitando circulação e cuidados ali e deixando as incubadoras mais próximas do dispositivo 2, se for possível é claro.

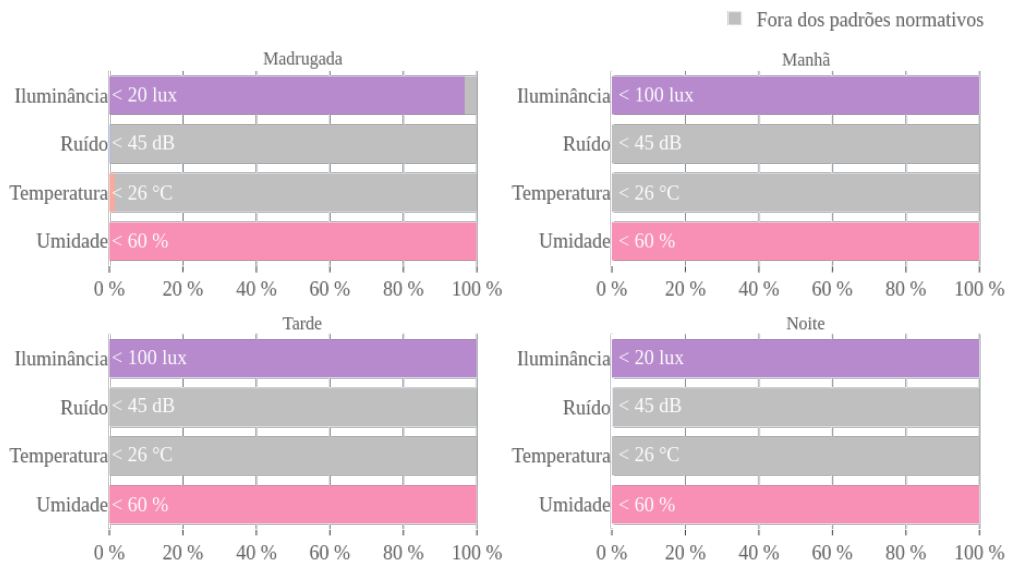


Figura 7.6: Valores dentro da norma do dispositivo 3 em colorido.

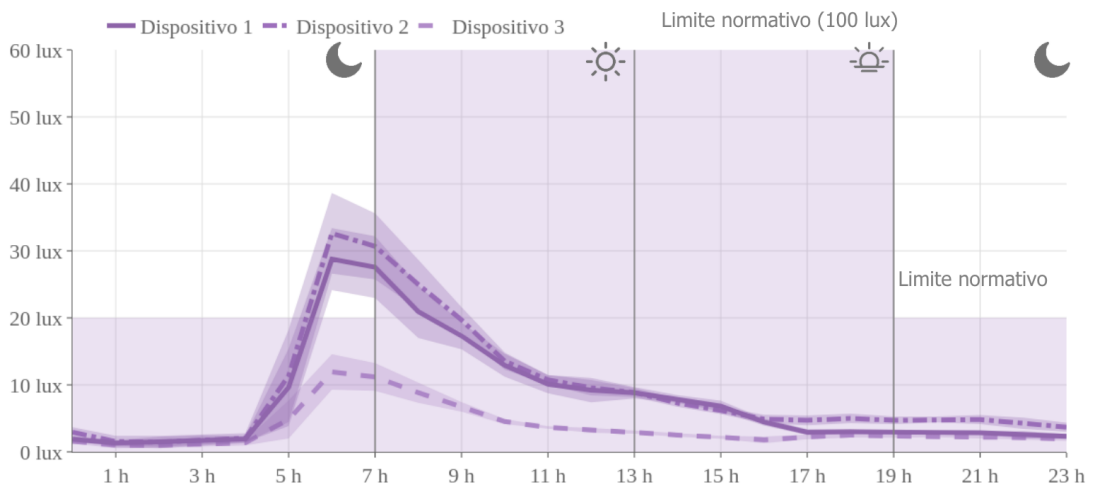


Figura 7.7: Luminosidade média no período de monitorização.

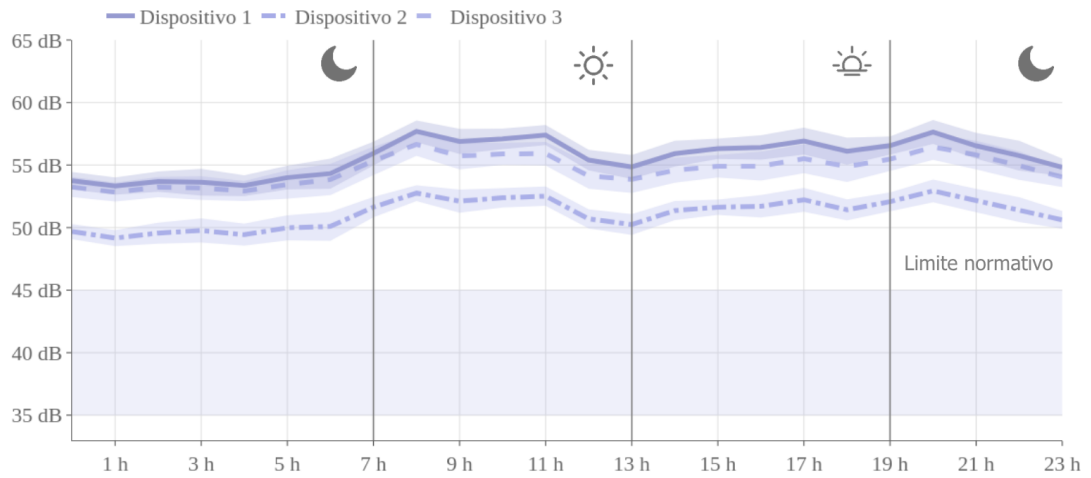


Figura 7.8: Ruído médio no período de monitorização.

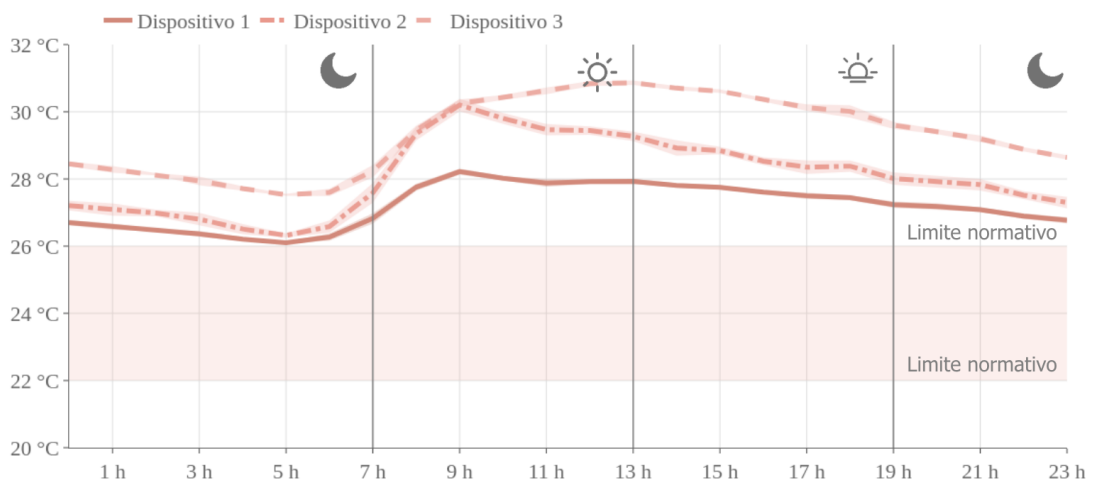


Figura 7.9: Temperatura média no período de monitorização.

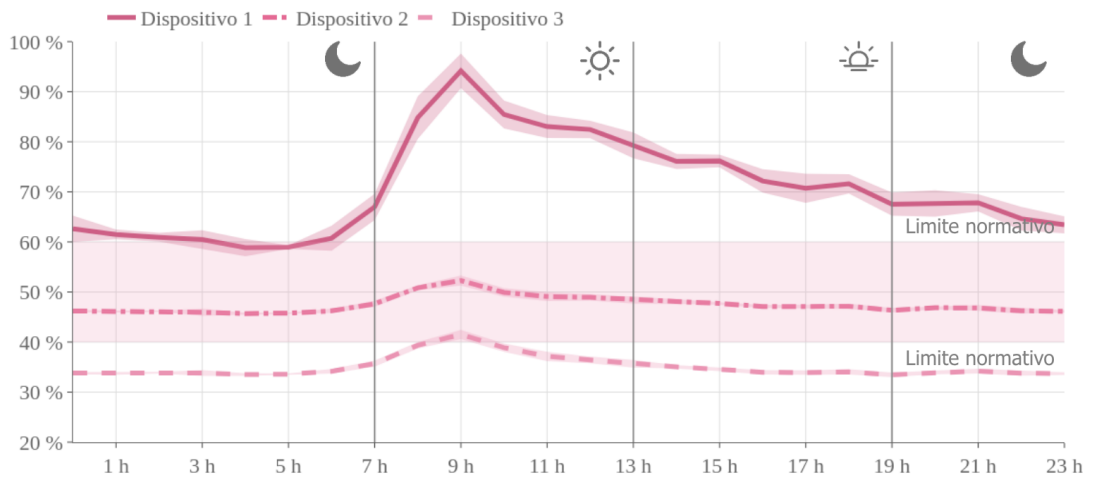


Figura 7.10: Umidade média no período de monitorização.

Capítulo 8

Análise dos dados baseado em Teoria da Informação

Neste capítulo, vamos analisar tanto os dados colhidos em UTI, quanto os dados monitorados em UTIN. O objetivo desta análise é com auxílio do plano de causalidade Complexidade-Entropia utilizando a distribuição de probabilidade Bandt-Pompe, ver o comportamento das variáveis em cenários diferentes.

Sabe-se que quanto mais a variável tem entropia próximo a 1, quer dizer que ela tende a ser caótica, e assim mais complicado de explicar o comportamento de seus dados. Quando a variável tende a ter entropia próxima a 0 é oposto, ela é uma variável com uma maior regularidade no seu comportamento, e assim é mais fácil inferir seu comportamento. Essa ideia básica é importante para entender o comportamento do cenário A e do cenário B, onde analisamos a temperatura, ruído, umidade e luminosidade nesse plano.

8.1 Cenário A: UTI adulta

Logo abaixo, Figura 8.1, temos os planos dos 3 dispositivos com todos os dados monitorados. Onde no eixo-x temos a Entropia normalizada de Shannon e no eixo-y temos a Complexidade de Shannon. Como falado nas seções anteriores os dispositivos na UTI foram colocados em locais diferentes: posto central, corredor e leito.

Podemos notar que o ruído é a variável mais caótica de se estudar, pois está com a entropia quase em 1, e isso faz sentido por o ruído, em geral, já se caracterizar por ter um comportamento com um padrão distinto e estocástico.

A variável que mais alterou seu comportamento nos planos dentre os dispositivos foi a de luminosidade. E isso se da ao fato a entrada de luz solar dentro da UTI, o que dependendo da posição do dispositivo vai definir sua intensidade, além de cada local ter um comportamento de uso das luzes artificiais, como por exemplo no dispositivo 2 que ficou dentro do leito receber menos luz artificial para que o paciente possa descansar e assim tendo o comportamento menos

aleatório dentre todos.

Por fim a temperatura se mostrou a variável mais estável dentre todas. Pois em todos os planos foi o valor que ficou mais próximo de ter a entropia zero, o que representa ser um conjunto de dados com menos variação. Assim sendo uma variável mais simples de caracterizar.

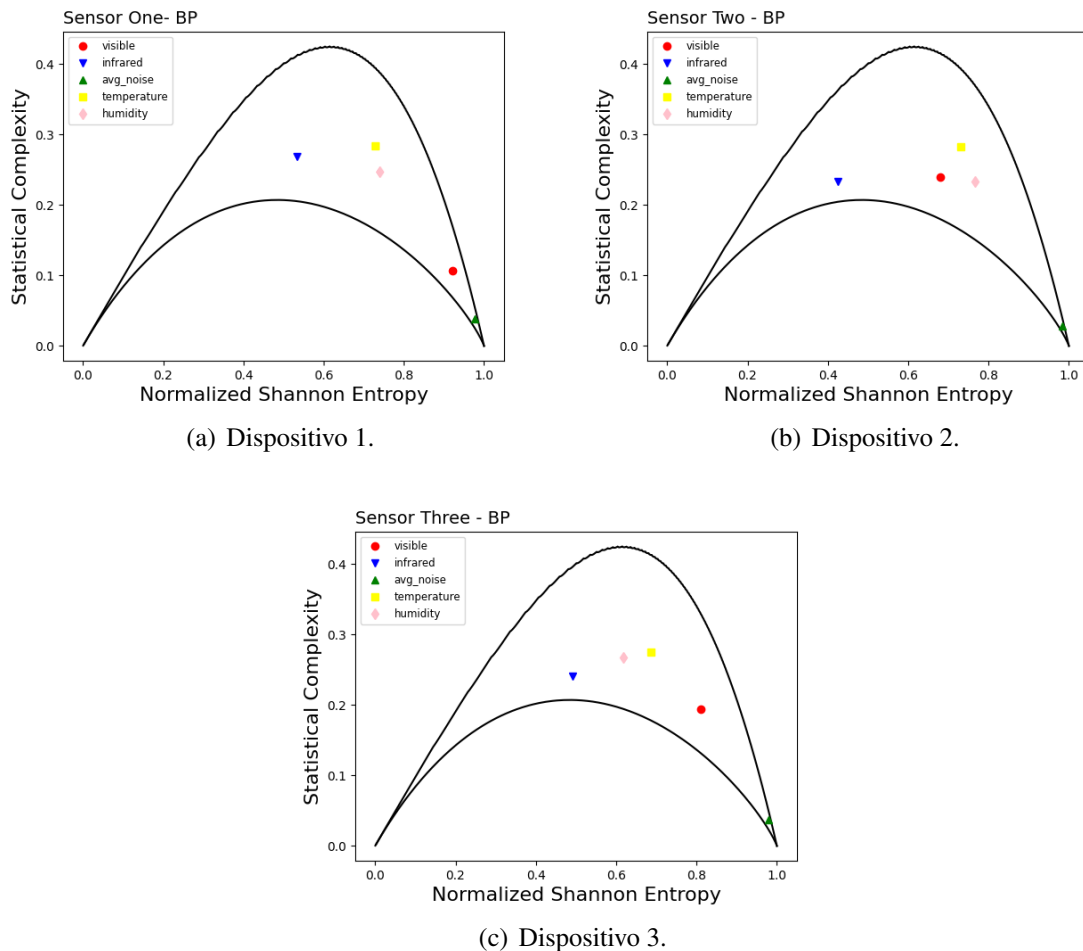


Figura 8.1: Plano Entropia x Complexidade dos dispositivos na UTI

8.2 Cenário B: UTIN

Diferente da UTI, os dispositivos dentro da UTIN ficaram no mesmo espaço (Box 01), assim tendo um comportamento mais próximo entre os planos, Figura 8.2. Mostrando que independente da posição no Box 01 o plano tende a ter um comportamento similar por dividir o mesmo espaço, isso pode ser interessante na hora de distribuir os dispositivos pelo ambiente, se caso a análise seja essencialmente utilizando esse plano como referência, talvez possamos usar apenas 1 dispositivo e assim economizando recursos ou aumentando o número de lugares monitorados simultaneamente.

Notamos um comportamento similar ao cenário A em relação ao ruído. O que nos mostra que o ruído é uma variável bastante aleatória e muito difícil de diminuir sua amostragem.

Já a temperatura na UTIN ficou muito mais próxima de ter entropia 0. Sendo assim, uma grandeza que poderia ser diminuída sua amostragem. Mas esse comportamento bem mais previsível que a do cenário A deixa em dúvida se esse é um indicador de problema da temperatura no ambiente, já que se notarmos os valores reais de temperatura vemos uma diferença muito grande com o normalizado, ou seja, um ambiente mal climatizado. Diferente do cenário A, que teve um bom desempenho nesse quesito.

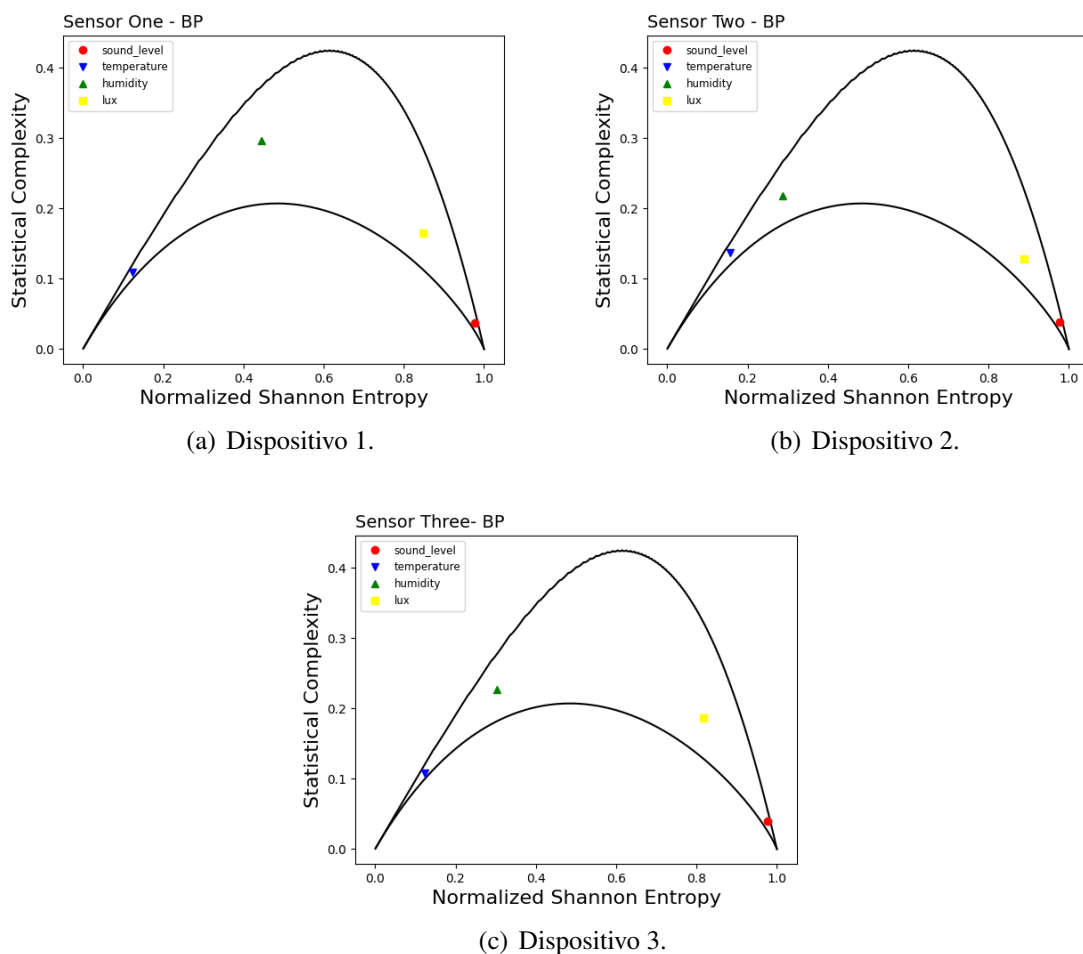


Figura 8.2: Plano Entropia x Complexidade dos dispositivos na UTIN

Capítulo 9

Conclusões e Trabalhos Futuros

A UTI é por si só um ambiente extremamente artificial, por concentrar pacientes, profissionais, familiares e vários equipamentos vitais. Sua dinâmica de funcionamento pode resultar num ambiente pouco acolhedor, o que vimos analisando suas variáveis ambientais. Em relação ao ruído, tivemos muitos casos de elevados níveis que podem ter um papel vital na recuperação do paciente, e dependendo da gravidade causando até o delirium. Isso é bem mais grave quando falamos dos RNs na UTIN, onde níveis mais altos de ruído podem levar até a problemas auditivos durante toda a vida. Vimos que algumas UTIs ainda pecam no básico, que é o controle da temperatura, onde suas altas medidas podem gerar estresse, diminuição da precisão ao preparar uma medição e muito mais. Além de que em lugares quentes, como Maceió, é preciso ter a umidade controlada para evitar o aumento de aglomerações bacterianas. A luminosidade tem o papel de manter aos pacientes e profissionais a sensação de dia e noite, que é fundamental para o equilíbrio do relógio biológico, então notamos que ambas UTIs tiveram a preocupação de instalar janelas e também manter o ambiente menos artificialmente possível com as medições.

Com a análise utilizando teoria da informação, vimos que uma variável como o ruído se mostrou ter uma aleatoriedade bastante grande. Assim qualquer ação ruidosa dentro do ambiente pode alterar seu comportamento. Uma possibilidade seria aumentar esses intervalos e analisar o comportamento da variável, mas dessa forma estaríamos desrespeitando as normas de medição da pressão sonora em ambiente hospitalar, o que nos resta aceitar que a amostragem do ruído não seria possível diminuir para economizar banda, e sim usar uma técnica de compactação de informação para usar na coleta um protocolo que gaste menos energia do que o WiFi comum. Também notamos que a temperatura é a mais estável dentre todas, e quanto mais seu comportamento for natural, como o da UTIN que mostrou problemas de climatização e assim simplesmente sua temperatura coincidia com a temperatura externa elevada ao calor das paredes, ela irá tender a 0. Mesmo com uma UTI com uma boa climatização, a UTI adulta, ela ficou mais próximo do 0 da entropia do que qualquer outra variável.

Em trabalhos futuros pretendo comparar as temperaturas com as externas, para analisar sua semelhanças e verificar uma possível falha no sensor ou falha na climatização do ambiente. O

que seria de grande importância para a troca do sensor em produção ou notificar o estabelecimento com o problema em seu sistema de climatização e os possíveis prejuízos. Outra análise possível é diminuir a amostragem da temperatura até um valor otimizado satisfatório.

Referências Bibliográficas

- ABNT. Nbr 10151: Acústica - avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - procedimento. *ABNT*, jun 2003.
- ABNT. Nbr 10152: Níveis de ruído para conforto acústico. *ABNT*, dec 2017.
- AMS, may 2022.
- ANVISA. Resolução nº 9. *Diário Oficial da União*, (14), jan 2003.
- ALL. Aquino. Cidades inteligentes, um novo paradigma da sociedade do conhecimento. *Blucher Education Proceedings*, 1:165–178, 2015.
- K. Ashton. That internet of things thing. *RFID Journal*, 2009.
- F. Aurelio. Ruído em unidade de terapia intensiva neonatal. *Universidade Federal de Santa Maria*, 2009.
- H.S. Bada, S.B. Korones, E.H. Perry, K.L. Arheart, M. Pourcyrous, J.W. Runyan, G.D. Anderson, H.L. Magill, C.W. Fitch, and G.W. Somes. Frequent handling in the neonatal intensive care unit and intraventricular hemorrhage. *The Journal of Pediatrics*, 117(1, Part 1):126 – 131, 1990. ISSN 0022-3476. DOI [https://doi.org/10.1016/S0022-3476\(05\)72460-4](https://doi.org/10.1016/S0022-3476(05)72460-4). URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022347605724604>.
- Christoph Bandt and Bernd Pompe. Permutation entropy: a natural complexity measure for time series. *Physical review letters*, 88(17):174102, 2002.
- M. Bano, F. Chiaromanni, M. Corrias, M. Turco, M. De Rui, P. Amodio, C. Merkel, A.Gatta, G. Mazzotta, R. Costa, and S. Montagnese. The influence of environmental factors on sleep quality in hospitalized medical patients. *Front Neurol*, dec 2014.
- Andersson S Pesonen AK Lahti J Heinonen K Eriksson J Räikkönen K Hovi P Kajantie E Strang-Karlsson Björkqvist J, Paavonen J. Advanced sleep-wake rhythm in adults born prematurely: confirmation by actigraphy-based assessment in the helsinki study of very low birth weight adults. *Sleep Med*, 15(9):1101–1106, sep 2014.
- Bosch, may 2022.

- J. Cabra, D. Castro, J. Colorado, D. Mendez, and L. Trujillo. An iot approach for wireless sensor networks applied to e-health environmental monitoring. In *2017 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*, pages 578–583, 2017. DOI [10.1109/iThings-GreenCom-CPSCom-SmartData.2017.91](https://doi.org/10.1109/iThings-GreenCom-CPSCom-SmartData.2017.91).
- G. Cioni and G. Sgandurra. Normal psychomotor development. *Handbook of Clinical Neurology*, 111:3–15, 2013.
- Edgar F Codd. *The relational model for database management: version 2*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1990.
- A. Coronato and M. Esposito. Towards an implementation of smart hospital: a localization system for mobile users and devices. In IEEE Xplore press, editor, *Sixth Annual IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications*, pages 715–719, 2008.
- Ministério da Saúde do Brasil. Atenção humanizada ao recém-nascido: Método canguru. Technical report, Ministério da Saúde, 2017.
- Liu Dan, Cao Xin, Huang Chongwei, and Ji Liangliang. Intelligent agriculture greenhouse environment monitoring system based on iot technology. In *2015 International Conference on Intelligent Transportation, Big Data and Smart City*, pages 487–490, 2015. DOI [10.1109/I-CITBS.2015.126](https://doi.org/10.1109/I-CITBS.2015.126).
- DFRobot, may 2022.
- Espressif, may 2022.
- David P Feldman, Carl S McTague, and James P Crutchfield. The organization of intrinsic computation: Complexity-entropy diagrams and the diversity of natural information processing. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 18(4):043106, 2008.
- A. Ghosh, D. Halder, and SK. Hossain. Remote health monitoring system through iot. In IEEE Xplore press, editor, *5th International Conference on Informatics, Electronics and Vision (ICIEV)*, pages 921–926, 2016.
- Lincoln Gray and m Kathleen Philbin. Effects of the neonatal intensive care unit on auditory attention and distraction. *Clin Perinatol*, 31(2):243–260, jun 2004.
- The Guardian. What is the internet of things?, jul 2016. URL <https://www.theguardian.com/technology/2015/may/06/what-is-the-internet-of-things-google>.
- S. Guths. Temperatura, umidade e a cápsula do tempo. *EDUFBA*, pages 79–91, 2012.

- M. Hassanalieragh, A. Page, T. Soyata, G. Sharma, M. Aktas, G. Mateos, B. Kantarci, and S. Andreescu. Health monitoring and management using internet of things (iot) sensing with cloud based processing: Opportunities and challenges. In IEEE Xplore press, editor, *IEEE International Conference on Services Computing*, pages 285–292, 2015.
- Janet L. Hopson. Fetal psychology, jun 2017. URL <https://www.psychologytoday.com/us/articles/199809/fetal-psychology>.
- Urs Hunkeler, Hong Linh Truong, and Andy Stanford-Clark. Mqtt-s—a publish/subscribe protocol for wireless sensor networks. In *2008 3rd International Conference on Communication Systems Software and Middleware and Workshops (COMSWARE'08)*, pages 791–798. IEEE, 2008.
- S. Kelly, N. Suryadevara, and S. Mukhopadhyay. Towards the implementation of iot for environmental condition monitoring in homes. *IEEE SENSORS JOURNAL, VOL. 13, NO. 10*, 2013.
- PW Lamberti, MT Martin, A Plastino, and OA Rosso. Intensive entropic non-triviality measure. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 334(1-2):119–131, 2004.
- M. Lawrence. The relationship between relative humidity and the dewpoint temperature in moist air: A simple conversion and applications. American Meteorological Society, feb 2005.
- Milica Lekić, Jovan Galić, and Sonja Matić. An iot solution for secured and remote sound level monitoring. In *2019 18th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH)*, pages 1–4, 2019. DOI [10.1109/INFOTEH.2019.8717759](https://doi.org/10.1109/INFOTEH.2019.8717759).
- Ricardo Lopez-Ruiz, Hector L Mancini, and Xavier Calbet. A statistical measure of complexity. *Physics Letters A*, 209(5-6):321–326, 1995.
- R .R. Lôbo, S.R.B. da Silva Filho, N.K.C. Lima, E. Ferriolli, and J.C. Moriguti. Delirium. *Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto Journal*, pages 248–257, 2010.
- N. Maisonneuve, M. Stevens, M. Niessen, P. Hanappe, and L. Steels. Citizen noise pollution monitoring. *10th Annu. Int. Conf. Digital Gov. Res.: Soc. Netw.: Making Connec. Between Citizens, Data Gov.*, pages 96–103, 2009.
- Santosh Vardhan Reddy Mankena, V.S.Yashwanth Kumar, Sai Rithwik Pokala, Veda Varun Upputerla, Hima Bindu Valiveti, Chaitanya Duggineni, Swaraja K, and Meenakshi K. Sicu ambience and patient health monitoring system with iot principles. In *2021 Second International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC)*, pages 863–869, 2021. DOI [10.1109/ICESC51422.2021.9532926](https://doi.org/10.1109/ICESC51422.2021.9532926).

- N. Marques and L. Menna-Barreto. Cronobiologia: princípios e aplicações. *Edusp - Editora da Universidade de São Paulo.*, 2003.
- McKinsey&Company. The internet of things: Mapping the value beyond the hype., jun 2015.
- A. Mendez. Acustica arquitectonica. *Universidad Del Museo Social Argentino*, pages 96–103, 1994.
- N. Noury, T. Hadidi, M. Laila, A. Fleury, C. Villemazet, V. Rialle, and A. Franco. Level of activity, night and day alter nation, and well being measure d in a smart hospital suite. In IEEE Xplore press, editor, *30th Annual International IEEE EMBS Conference*, pages 3328–3331, 2008.
- F. Oliveira, M. Paixa, M. Nascimento, V. Rezende, A. Silva, and C. Silva. Nível de ruído da unidade de terapia intensiva pediátrica: estudo observacional correlacional. *OBJN: Online Brazilian Journal of Nursing*, sep 2013.
- Felipe Pezoa, Juan L Reutter, Fernando Suarez, Martín Ugarte, and Domagoj Vrgoč. Foundations of json schema. In *Proceedings of the 25th International Conference on World Wide Web*, pages 263–273, 2016.
- OA Rosso, HA Larrondo, MT Martin, A Plastino, and MA Fuentes. Distinguishing noise from chaos. *Physical review letters*, 99(15):154102, 2007.
- A. Ryer. Light measurement handbook, 1997.
- H. Schaffers, N. Komninos, M. Pallot, B. Trousse, M. Nilsson, and A. Oliveira. Smart cities and the future internet: Towards cooperation frameworks for open innovation. *The Future Internet, Lect. Notes Comput. Sci.*, 6656:431–446, 2011.
- Claude Elwood Shannon. A mathematical theory of communication. *Bell system technical journal*, 27(3):379–423, 1948.
- C Strauch, S Brandt, and J Edwards-Beckett. Implementation of a quiet hour: effect on noise levels and infant sleep states. *Neonatal network : NN*, 12(2):31–35, March 1993. ISSN 0730-0832. URL <http://europepmc.org/abstract/MED/8446079>.
- J. Sundmaeker, P. Guillemin, P. Friess, and S. Woelfflé. Vision and challenges for realising the internet of things. *CERP IoT*, 2010.
- Johannes Thönes. Microservices. *IEEE software*, 32(1):116–116, 2015.
- USP. Conceitos fundamentais: Grandezas luminosas, jul 2018. URL http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0213/Material_de_Apoio/03_-_Ia._Conceito_Fundamentais_%28grandezas_Luminosas%29.pdf.

- E.M.A. Vieira, C.A. Falcão, L.B. da Silva, J.M.N. da Silva, and E.L. da Silva. Padrões de variação da qualidade do ar e fatores termofísicos na unidade de terapia intensiva. *Interfaces Científicas, Saúde e ambiente*, 4(3):39–50, jun 2016.
- Elisha M Wachman and Amir Lahav. The effects of noise on preterm infants in the nicu. *Archives of Disease in Childhood - Fetal and Neonatal Edition*, 96(4):F305–F309, 2011. ISSN 1359-2998. DOI 10.1136/adc.2009.182014. URL <https://fn.bmj.com/content/96/4/F305>.
- D. Washburn, U. Sindhu, S. Balaouras, R. Dines, N. Hayes, and L. Nelson. Helping cities understand smart city initiatives: Defining the smart city, its drivers, and the role of the city. *Cambridge, MA: Forrester Research, Inc.*, 2010.
- J. Waterhouse, Y. Fukuda, and T. Morita. Daily rhythms of the sleep-wake cycle. *Journal of Physiological Anthropology*, pages 5–31, mar 2012.
- T T Weibley. Inside the incubator. *MCN: The american journal of maternal child nursing*, 14(2):96–100, 1989.
- A. Zanella, N. Bui, A. Castellani, L. Vangelista, and M. Zorzi. Internet of things for smart cities. *IEEE Internet Things Journal*, 1:22–32, feb 2014.