

PROJETO DE SISTEMAS DISTRIBUÍDOS (COMP0470)

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE (UFS)

Departamento de Computação

Disciplina: Sistemas Distribuídos

Professor: Rafael Oliveira Vasconcelos

Aluno: Irandi de Jesus Silva

**VaSafe: Plataforma Distribuída de Gêmeos Digitais para
Monitoramento Resiliente da Cadeia de Frio de Vacinas**

Data: 03/12/2025

1. Visão Geral e Motivação Crítica

Este projeto propõe uma solução de **Engenharia de Sistemas Distribuídos** para mitigar um grave problema de saúde pública e logística: o desperdício de imunobiológicos. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), [até 50% das vacinas produzidas globalmente chegam ao destino degradadas](#) (inutilizáveis) devido a falhas na cadeia de frio e transporte. Além da temperatura, a trepidação excessiva em estradas precárias causa microfissuras nos frascos de vidro, comprometendo a esterilidade.

O monitoramento convencional falha em cenários de "zonas de sombra" (sem internet), comuns no interior do Brasil, resultando em lacunas de dados que impedem a auditoria de qualidade. O VaSafe implementa uma **Caixa de Transporte Inteligente (Smart Box)** baseada em IoT. O sistema utiliza um **Gêmeo Digital** que calcula a "Potência Imunológica Restante" e a "Integridade Física" da carga em tempo real, garantindo rastreabilidade total do laboratório ao braço do paciente.

O desenvolvimento deste sistema é imperativo em face das diretrizes nacionais e internacionais que exigem a manutenção da qualidade e segurança dos medicamentos e imunobiológicos em todas as etapas da cadeia de suprimentos. A [RDC nº 430/2020 da ANVISA](#) estabelece requisitos rigorosos para as Boas Práticas de Distribuição e Armazenagem (BPDA) e Boas Práticas de Transporte (BPT).

O projeto ataca três vetores críticos de falha logística:

1. **Desafio de Qualidade (OMS):** Falhas no controle de temperatura são a principal causa do desperdício global de vacinas, estimado em até **50% da produção mundial** pela Organização Mundial da Saúde.
2. **Requisito de Temperatura (PNI):** O Manual de Normas e Procedimentos para Vacinação do PNI (Ministério da Saúde) define a faixa de segurança estrita entre **2°C e 8°C**.
3. **Dano Físico (Logística):** Estudos do setor (DHL/IATA) indicam que a trepidação em estradas precárias causa microfissuras em frascos de vidro, comprometendo a esterilidade.

1.1. O Conceito de Gêmeo Digital

Segundo Grieves, Michael. (2015) o paradigma de Gêmeo Digital (*Digital Twin*) define-se como uma representação virtual dinâmica e viva de um sistema, processo ou ativo físico. Diferente de modelos estáticos ou simulações tradicionais, um Gêmeo Digital é alimentado continuamente por fluxos de dados em tempo real, estabelecendo uma ponte ininterrupta entre o mundo físico e o mundo digital.

O objetivo fundamental desta tecnologia é criar um espelho computacional capaz de evoluir junto com o seu contraparte físico. Ao integrar dados sensoriais, histórico de operações e capacidades de processamento, o Gêmeo Digital permite não apenas visualizar o estado atual do ativo, mas também simular cenários futuros, prever comportamentos anômalos e otimizar a tomada de decisão antes que falhas ocorram no ambiente real. Esta

abordagem transforma a gestão de sistemas, permitindo a transição de modelos reativos para estratégias preditivas e prescritivas de alta precisão.

2. Arquitetura do Sistema Distribuído

O sistema foi concebido sob o paradigma de **Computação Híbrida (Edge-Fog-Cloud)**, onde o processamento crítico (bufferização e leitura de sensores) ocorre na borda, enquanto a inteligência analítica (Gêmeo Digital) e a persistência ocorrem no cluster central. A infraestrutura é orquestrada via microsserviços em contêineres Docker.

2.1. Camada de Borda (Edge Computing - Smart Box)

O nó físico é composto por um microcontrolador ESP32 (System on a Chip) que atua como *gateway* sensorial da caixa térmica. A arquitetura de hardware divide-se em três subsistemas:

- **A. Subsistema de Monitorização Ambiental:**
 - **Temperatura:** Sensor DHT11/DHT22. Coleta a temperatura interna com amostragem de 1 minuto.
 - **Violação de Segurança:** Sensor LDR (Fotoreistor). Monitoriza a impedância luminosa dentro da caixa. Uma variação abrupta de resistência (queda de Ω) indica entrada de luz, caracterizando a abertura da tampa.
- **B. Subsistema de Estabilidade Mecânica (Sensor de Balanço/Vibração):**
 - **Implementação Híbrida:** O sistema está preparado para operar com um Transdutor de Vibração Eletromecânico (Customizado).
 - **Funcionamento:** Consiste num condutor central rígido envolvido por uma mola condutora flexível (utilizando o princípio de inércia).
 - **Lógica de Detecção:** Em repouso, o circuito está aberto (estado **LOW**). Durante a trepidação (estrada irregular), a mola oscila e toca no eixo central, gerando pulsos elétricos (**HIGH**). O ESP32 utiliza interrupções de hardware (*Interrupts*) para contar a frequência destes impactos por segundo (Hz).
 - *Fallback:* Caso o sensor mecânico não seja implementado, um Botão Tátil emula o sinal de interrupção para fins de validação de software.
- **C. Subsistema de Feedback e Resiliência:**
 - **Atuadores Visuais (Interface Local):** Display OLED 0.96" operando via protocolo de comunicação I2C. Este componente atua como a interface homem-máquina (IHM) local, mas com uma lógica de controle distribuído: o conteúdo exibido não é decidido pelo processador local, mas sim pelo servidor (Gêmeo Digital). Através de mensagens de retorno (Downlink via MQTT), o servidor envia o resultado da auditoria de segurança, ordenando que o display exiba status consolidados como "CARGA SEGURA", "ALERTA DE VIBRAÇÃO" ou "LOTE DESCARTADO", garantindo que a informação na tela reflita a verdade auditada na nuvem.
 - **Persistência Local (Store-and-Forward):** Implementação de uma Fila Circular (FIFO) na memória não-volátil (Flash/SPIFFS) do ESP32. Durante o transporte, todos os eventos são serializados em JSON e gravados

localmente. O envio só ocorre quando o sistema detecta uma rede segura (Check-out).

2.1.1. Especificação de Hardware: Módulo ESP32-WROOM-32

O núcleo computacional da *Smart Box* é baseado no módulo **ESP32-WROOM-32** (Espressif Systems), selecionado por sua arquitetura de *System-on-Chip* (SoC) de alto desempenho e baixo custo, ideal para aplicações de *Edge Computing*.

Características Técnicas Críticas para o Projeto:

- **Processamento Dual-Core:** Equipado com processador Xtensa® 32-bit LX6 Dual-Core operando a **240 MHz**. Isso permite dividir tarefas: um núcleo gerencia a pilha de rede (Wi-Fi/MQTT) enquanto o outro processa a lógica do Gêmeo Digital e leitura de sensores, evitando bloqueios (*watchdog resets*).
- **Conectividade Híbrida:** Integra **Wi-Fi 802.11 b/g/n** (para sincronização com a nuvem nos pontos de parada) e **Bluetooth 4.2/BLE**.
- **Memória para Bufferização (Store-and-Forward):**
 - **520 KB de SRAM:** Para processamento rápido de dados.
 - **4 MB de Flash SPI (Não-Volátil):** Fundamental para a resiliência do sistema. Esta memória permite a implementação do sistema de arquivos **SPIFFS/LittleFS**, onde os logs de temperatura são gravados fisicamente quando não há internet, garantindo que os dados sobrevivam mesmo se a bateria acabar momentaneamente.
- **Segurança de Hardware:** Suporta aceleração criptográfica de hardware (AES, SHA-2, RSA), permitindo conexões **MQTT sobre TLS/SSL** (porta 8883) sem degradar o desempenho, requisito essencial para dados médicos sensíveis.
- **Interfaces de I/O:** Múltiplos canais ADC (Conversor Analógico-Digital) de 12-bits para leitura precisa dos sensores e canais PWM para controle granular da cor dos LEDs RGB.

2.2. Fluxo Operacional de Dados (Lógica de Check-in/Check-out)

Para garantir a integridade dos dados entre a origem e o destino, o sistema implementa um protocolo de sincronização em três estágios:

1. Estágio 1: Check-in (Distribuidora):

- Ao ligar a *Smart Box*, o sistema conecta-se ao Wi-Fi da distribuidora e realiza o *Handshake* inicial.
- O servidor registra o início da viagem e "zera" o status do LED para **AZUL (Em Trânsito/Monitorando)**.

2. Estágio 2: Zona de Sombra:

- Durante o transporte, ou quando houver perda de conectividade, o ESP32 entra em modo de **Gravação Silenciosa**.
- Sensores continuam operando. Se houver violação (luz) ou temperatura crítica, o evento é salvo na memória Flash com o *timestamp* exato.

3. Estágio 3: Check-out e Retroalimentação (Unidade de Saúde/Destino):

- Ao chegar no destino, a caixa detecta a rede Wi-Fi e realiza o *Burst Upload* (envio em rajada) de todos os dados armazenados.
- **Processamento Nuvem:** O Cluster Docker recebe o histórico, o Gêmeo Digital processa a curva de temperatura e verifica impactos.
- **O Feedback:** O servidor envia imediatamente um comando MQTT de volta para a caixa específica:
 - **Comando:** `SET_LED_COLOR: GREEN` (Se $SH > 95\%$).
 - **Comando:** `SET_LED_COLOR: RED` (Se $SH < 60\%$ ou houve violação).
- **Resultado:** O profissional de saúde no destino consulta o **display OLED** da Smart Box e obtém instantaneamente o veredito de integridade (ex: '**LOTE SEGURO**' ou '**DESCARTE**'), validado em tempo real pelo Gêmeo Digital.

2.3. Camada de Comunicação

O centro da interoperabilidade do sistema é o protocolo **MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) v3.1.1**, operando sobre a pilha TCP/IP. A escolha deste protocolo em detrimento do HTTP (REST) justifica-se pela natureza assíncrona e orientada a eventos do monitoramento logístico.

A. Justificativa Técnica e Otimizações:

- **Eficiência de Banda (Low Overhead):** Enquanto uma requisição HTTP carrega centenas de bytes em cabeçalhos (Headers, Cookies, User-Agent), o cabeçalho fixo do MQTT possui apenas 2 bytes. Isso é crítico para o VaSafe, pois reduz o consumo do plano de dados 4G em rotas longas e economiza a bateria do ESP32.
- **Gestão de Conectividade (Keep-Alive):** O protocolo mantém um canal TCP persistente aberto. O dispositivo envia pacotes PINGREQ periódicos (a cada 60s) para informar ao Broker que está vivo, eliminando a latência de handshake (SYN/ACK) a cada envio de dado.
- **Confiabilidade Configurável (QoS - Quality of Service):** O sistema implementa uma estratégia híbrida de QoS:
 - **QoS 0 (Fire and Forget):** Para leituras de temperatura rotineiras (a cada 1 minuto). Se um pacote se perder, o próximo chegará em breve.
 - **QoS 1 (At Least Once):** Para **Alertas Críticos** (Violação de Luz, Temperatura $> 8^{\circ}\text{C}$) e **Comandos de LED**. O protocolo exige um *PUBACK* (confirmação de recebimento) do Broker. Se não receber, o ESP32 reenvia a mensagem até confirmar a entrega.

B. Serialização de Dados (Payload JSON):

Os dados são encapsulados e salvos em formato **JSON** para garantir interoperabilidade e fácil leitura humana (human-readable).

```
{
  "ts": 1716382900,      // Timestamp Unix (Sincronização)
  "bat": 87,             // Nível de Bateria (%)
  "sensors": {
    "temp": 4.2,         // Temperatura (°C)
    "vib": 12,           // Vibração (Hz) - Balanço
    "lux": 0              // Luminosidade (0 = Fechado)
  },
  "flags": {
    "sync": true         // True = Dado recuperado do Buffer (Offline)
  }
}
```

2.4. Camada de Aplicação (Cluster de Microsserviços Docker)

O *Back-end* do sistema é constituído por quatro serviços independentes e desacoplados, orquestrados via **Docker Compose**. Esta abordagem garante que o sistema seja agnóstico à infraestrutura e permite escalabilidade horizontal.

Abaixo, detalha-se a responsabilidade técnica de cada contêiner:

1. Broker de Mensagens

- **Função:** Servidor de roteamento de eventos *Pub/Sub*.
- **Configuração Técnica:**
 - Opera na porta **1883** (TCP) e **8883** (TLS/SSL Seguro).
 - Utiliza **ACLs (Access Control Lists)** para segregar tópicos: uma caixa só pode escrever no seu próprio tópico (**box_01/telemetria**), impedindo injeção de dados falsos por dispositivos vizinhos.
 - Persistência em disco habilitada para não perder mensagens em fila caso o contêiner reinicie.

2. Core Worker

- **Função:** O "cérebro" analítico do sistema. Não possui interface gráfica; é um *daemon* que processa dados em tempo real.
- **Bibliotecas e Lógica:**
 - Utiliza **paho-mqtt** para escutar (Subscribe) o tópico **vasafe/+/telemetria**.
 - **Processamento de Borda Virtual:** Ao receber um pacote JSON, decodifica os valores brutos dos sensores (Temp, Luz, Vibração).
 - **Motor de Cálculo:** Aplica a *Equação de Arrhenius* acumulativa para atualizar o índice de saúde (*H*) da vacina.
 - **Loop de Controle:** Se *H* cair abaixo do limiar crítico, publica imediatamente um comando no tópico **vasafe/box_{id}/comando** com o *payload* **{"led": "RED", "lock": true}**.

3. Repositório de Dados Temporais (InfluxDB v2)

- **Função:** Banco de dados NoSQL otimizado para *Time Series* (Séries Temporais).
- **Diferencial de Engenharia:** Diferente de bancos relacionais (SQL), o InfluxDB suporta alta taxa de escrita (*High Write Throughput*), ideal para receber milhares de leituras de sensores por segundo sem travar (*Lock*).
- **Políticas de Retenção:** Configurado para expurgar dados brutos antigos automaticamente para economizar espaço, mantendo apenas os relatórios de incidentes.

4. Interface de Observabilidade (Grafana)

- **Função:** Camada de apresentação e inteligência visual.
- **Integração:** Conecta-se ao InfluxDB via API interna do Docker.
- **Dashboards Dinâmicos:**
 - *Gauge Panels:* Mostram a temperatura atual e o "Health Score".
 - *Time Series Graph:* Plota a curva de aquecimento vs. limites da ANVISA.
 - *Alert Manager:* Configurado para enviar *Webhooks* (Telegram/E-mail) ao gestor da frota caso o sistema detecte anomalias críticas.

3. O Gêmeo Digital: Modelo Multivariável (A "IA")

Para atender ao requisito de "Algoritmo/Inteligência", o sistema implementa um modelo de **Cálculo de Saúde da Carga (H)**, substituindo regras simples por uma análise integrada:

$$H_{vacina} = 100\% - (Dano_{T\acute{e}rmico} + Dano_{F\acute{is}ico} + Penalidade_{Viola\c{c}\tilde{a}o})$$

Diferente de sistemas que usam limiares estáticos, o *VaSafe* implementa um **Algoritmo de Estabilidade Dinâmica**, conforme preconizado pelo *Manual de Rede de Frio do Ministério da Saúde* e pela resolução RDC 430/2020 da ANVISA.

O cálculo da "Saúde da Vacina" (*H*) integra duas variáveis de degradação cumulativa:

3.1. Cálculo da Temperatura Cinética Média (MKT)

Vacinas possuem um "Orçamento de Estabilidade" (*Stability Budget*). O calor não degrada o produto linearmente, mas sim exponencialmente. Para modelar isso, utilizamos uma adaptação da **Equação de Arrhenius**, que correlaciona a velocidade da reação química de degradação com a temperatura.

Lógica do Algoritmo (ciclo de 1 minuto)

Entrada: O sistema realiza a leitura da temperatura a cada 60 segundos.

Cálculo da Penalidade (ΔT):

Zona Verde (2°C a 8°C)

- Taxa de degradação: 0% por minuto.

- Justificativa: Faixa ideal recomendada pelo PNI/Anvisa.

Zona Amarela (acima de 8°C até 15°C)

- Taxa de degradação: 0,05% por minuto.
- Impacto: Uma exposição de 1 hora reduz o índice H em aproximadamente 3%. Serve como alerta para excursões leves sem condenar o lote.

Zona Laranja (acima de 15°C até 25°C)

- Taxa de degradação: 0,5% por minuto.
- Impacto: Uma exposição de 30 minutos reduz o índice H em cerca de 15%, colocando a carga em risco elevado.

Zona Vermelha (acima de 25°C ou abaixo de 0°C – risco de congelamento)

- Taxa de degradação: 10% por minuto (ou acionamento de *Kill Switch* após 10 minutos).
- Justificativa: Nessa condição ocorre desnaturação proteica irreversível ou congelamento do adjuvante à base de alumínio, tornando a vacina tóxica ou ineficaz.

3.2. Prevenção de Microfissuras e Delaminação

O transporte em estradas irregulares gera vibrações de alta frequência que causam dois fenômenos físicos graves, invisíveis a olho nu:

1. **Microfissuras (Micro-cracks):** Quebra microscópica do vidro do frasco, comprometendo a esterilidade.
 2. **Delaminação do Vidro:** Desprendimento de lamelas (partículas) da parede interna do frasco que se misturam à vacina.
- **Lógica do Algoritmo:**
 - O sistema monitora a **Densidade Espectral de Potência (PSD)** da vibração por simulação.
 - Se a vibração persistir em alta intensidade por > 60 minutos (simulando estrada de terra contínua), o sistema infere risco de *stress mecânico* no vidro e reduz a saúde da carga em 20%, recomendando inspeção visual obrigatória.

3.3. Matriz de Decisão Automática

O sistema classifica o lote em tempo real baseado no Score Final (*H*), eliminando a subjetividade humana:

Score Final (H)	Status (Painel)	Feedback (LED)	Ação Logística (POP)

95% - 100%	APROVADO	Verde Fixo	Liberar: Vacina intacta. Seguir para vacinação.
80% - 94%	ALERTA	Amarelo Fixo	Priorizar: Houve desgaste do orçamento térmico. Utilizar este lote primeiro.
60% - 79%	QUARENTENA	Laranja Piscante	Bloquear: Suspeita de avaria física (vibração) ou térmica grave. Aguardar teste de potência.
< 60%	CONDENADO	Vermelho Piscante	Descartar: Risco biológico. Violação de luz, congelamento ou calor extremo.

4. Mapeamento dos Requisitos Técnicos

Requisito do Edital	Implementação no VaSafe
1. Arquitetura Distribuída	Separação clara de responsabilidades: Edge (Coleta/Bufferização na Caixa) e Cloud (Processamento Analítico no Cluster Docker).
2. Comunicação em Rede	Protocolo MQTT . Escolhido por ser leve e suportar reconexões rápidas sem <i>overhead</i> excessivo, ideal para o cenário de intermitência de sinal 4G.
3. Consistência de Dados	Garantia de Consistência Eventual . O sistema aceita que o servidor esteja desatualizado durante a viagem, mas garante

	a convergência dos dados no momento da sincronização (Check-out).
4. Gerenciamento de Sessão	Autenticação individual por dispositivo no Broker (<code>client_id</code> , <code>user</code> , <code>pass</code>) e segregação de dados por tópicos únicos por caixa.
5. Tolerância a Falhas	Resiliência a Particionamento: Implementação de Buffer Circular na memória não-volátil (Flash). O sistema tolera desconexões prolongadas sem travar e recupera o estado automaticamente via <i>Burst Upload</i> na reconexão.
6. Escalabilidade	Validação via Script de Teste de Carga (Python) simulando a ingestão simultânea de dados de 50 caixas após um período offline.
7. Persistência de Dados	Banco InfluxDB (Time Series). Armazena o histórico completo com <i>timestamps</i> originais (gerados na borda), garantindo a fidelidade da auditoria mesmo com atraso no envio.
8. Interface do Usuário	Grafana (Painel de Gestão Remota) e LEDs RGB (Interface Local na Caixa) acionados pela lógica do Gêmeo Digital.

5. Análise de Viabilidade, Impacto e Escalabilidade

O projeto VaSafe pode transcender a aplicação acadêmica, posicionando-se como uma plataforma de *Commodity-Agnostic Digital Twin* (Gêmeo Digital Agnóstico ao Produto). A arquitetura foi desenhada para ser sustentável financeiramente e tecnicamente escalável.

5.1. Viabilidade Econômica (Análise de ROI e Custos)

A sustentabilidade financeira do projeto baseia-se na desproporção positiva entre o baixo custo da solução IoT e o alto valor do ativo protegido (Imunobiológicos).

1. Otimização de CAPEX (Investimento Inicial):

- Sistemas tradicionais utilizam *data loggers* proprietários fechados ou terminais satelitais de alto custo. O VaSafe utiliza microcontroladores de mercado (ESP32-WROOM-32) com custo unitário acessível (~R\$ 40,00).
 - **Relação Custo-Benefício:** Uma única caixa térmica contendo 500 doses de vacinas de alta tecnologia (ex: mRNA ou Oncologia) pode custar entre **R\$ 50.000,00 a R\$ 200.000,00**. O custo do hardware de proteção representa **menos de 0,1%** do valor da carga, garantindo um Retorno sobre Investimento (ROI) imediato ao evitar o primeiro sinistro.
- 2. Redução de OPEX (Custo Operacional) via Arquitetura Híbrida:**
- O maior custo em rastreamento logístico é a telecomunicação.
 - A estratégia técnica de **Store-and-Forward** (armazenar dados na zona de sombra e transmitir via Wi-Fi no destino) reduz o consumo de dados móveis/satelitais em cerca de **90%**. Isso viabiliza o monitoramento item a item (granularidade fina), que seria financeiramente proibitivo com custos de comunicação contínua.
- 3. Mitigação de Passivos:**
- O banco de dados imutável (InfluxDB) atua como uma "Caixa Preta". Em caso de litígio sobre a responsabilidade da perda (Transportadora vs. Laboratório), o sistema fornece prova técnica irrefutável, permitindo a negociação de apólices de seguro mais baratas.

5.2. Viabilidade Social e Impacto ESG

O projeto alinha-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, especificamente Saúde (ODS 3) e Consumo Responsável (ODS 12).

- 1. Segurança Sanitária:**
 - O impacto mais crítico é humano. Uma vacina degradada por calor não apresenta sinais visíveis, mas perde eficácia. Aplicar uma vacina ineficaz gera uma falsa sensação de segurança na população, permitindo surtos de doenças evitáveis. O VaSafe garante a eficácia imunológica na ponta final.
- 2. Sustentabilidade Ambiental:**
 - Vacinas estragadas são resíduos biológicos infectantes que exigem incineração controlada, um processo caro e poluente. Ao prevenir a perda, o sistema evita a emissão de carbono associada à produção, transporte reverso e destruição de lotes perdidos.
- 3. Equidade Regional:**
 - A tolerância a falhas de rede permite que vacinas de alta qualidade cheguem a comunidades remotas (ribeirinhas, indígenas e rurais), garantindo que a qualidade da saúde no interior do país seja equiparável à dos grandes centros urbanos.

5.3. Escalabilidade e Aplicações em Múltiplos Mercados

A arquitetura de microserviços permite a **Escalabilidade Horizontal**. O hardware (ESP32) e a infraestrutura (Docker/MQTT) permanecem os mesmos; altera-se apenas o algoritmo do Gêmeo Digital (Python) para atender novos setores:

- **A. Bio-Logística de Transplantes de Órgãos e Tecidos:**
 - *Adaptação:* Substituição da Equação de Arrhenius por curvas de viabilidade celular e tempo de isquemia.
 - *Uso:* Monitoramento de corações, rins e bolsas de sangue, onde a vibração excessiva pode causar hemólise.
- **B. Agronegócio 4.0 (Exportação de Proteína Animal):**
 - *Adaptação:* Implementação de cálculo de *Shelf-Life* (Tempo de Prateleira) para contêineres refrigerados (*Reefer*).
 - *Uso:* Permite prever se a carne exportada para a Europa chegará fresca, possibilitando o redirecionamento dinâmico da carga em caso de falha no frio.
- **C. Indústria Química Fina:**
 - *Adaptação:* Monitoramento de resinas, epóxis e reagentes que polimerizam (endurecem) ou tornam-se instáveis com a variação térmica ou agitação.

Referências Bibliográficas:

Grieves, Michael. (2015). Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução de Diretoria Colegiada - RDC Nº 430, de 8 de Outubro de 2020.**

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Manual de normas e procedimentos para vacinação.**